DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Dreizehnter Jahrgang | 14. August 1925 | Heft 33

Ozean und Antarktis.

Von Erich v. Drygalski, München.

Es sind 30 Jahre vergangen, seit auf dem XI. Geographentage zu Bremen der Plan einer deutschen Südpolarexpedition entstand, der durch die Fahrten und Forschungen des „Gauß" 1901/03 seine Ausführung fand. Die Ausarbeitung der wissenschaftlichen Ergebnisse hat nach der Heimkehr über 20 Jahre in Anspruch genommen, wobei freilich der Krieg überaus hemmend gewirkt hat. Schmerzliche Lücken, die durch den Tod getreuer Gefährten entstanden, ließen sich erst nach langen Bemühungen füllen, soweit überhaupt. Im ganzen sind über 90 Mitarbeiter tätig gewesen. Von den 20 starken Quartbänden und 2 Atlanten, aus denen das Gaußwerk bestehen wird, sind die meisten vollendet und das wenige, was noch fehlt, geht einem nahen Abschluß entgegen. So mag ein Eingehen auf die Expedition auch an dieser Stelle gerechtfertigt sein, und es seien dazu die Ergebnisse ihrer ozeanographischen Forschungen gewählt, weil sich in diesen die Arbeiten aller Teilnehmer zusammenfanden, soweit sie auch sonst auseinandergehen mochten.

Wie wir heute wissen, liegt der Südpol auf Land, und um ihn herum ein Kontinent von rund 14 Millionen qkm Größe, wie sie auch H. Wagner in kritischer Sichtung der verschiedenen Arealbewertungen annimmt. Der Saum (Schelf) des Kontinents ist von einem flachen Meer überflutet, dessen Boden etwas tiefer als sonst auf den Schelfen herabsinkt, nämlich bis 400, auch bis 600 m. Dann folgt das Böschungsmeer und die Tiefsee, die schon zur Subantarktis gehören, weil sie sich physisch und biologisch von dem Meer über dem Schelfe wesentlich unterscheiden. Also nur der Kontinent bis zum äußeren Rande des Schelfs ist antarktisch, so daß es müßig ist, ihn mit besonderem Namen aus der Antarktis herausheben zu wollen, da er sich mit ihr deckt. Nur er hat die volle Herrschaft des Eises, wie sie auf dem Lande im Inlandeis und seinen Werken und im Wasser in der Homothermie und Homohalinität, auch in der Organismenwelt des Schelfmeeres zum Ausdruck kommt; das ist alles wesentlich anders als im Böschungsmeer und in der Tiefsee, in welchen der Einfluß des Eises nicht mehr herrschend, sondern nun auf zwei Tiefenzonen beschränkt ist, nämlich auf die oberen Lagen und auf das Bodenwasser.

Unter der Oberfläche ist nördlich vom Schelfmeer, in dem sich festliegende und treibende Schollen und Eisberge mengen, zunächst ein Gürtel, in dem sich diese beiden Eisarten dauernd bewegen. Er reicht nach Norden bis zu einer Grenze, die man gewöhnlich als die des geschlossenen Packeises bezeichnet. Freilich finden sich auch südlich von ihr immer Waken und Rinnen, so daß man ohne die Gefahr der dauernden Festlegung dort fahren kann, besonders an bestimmten bevorzugten Stellen, doch man muß dabei mit zeitweiligen Hemmungen rechnen, da jeder Wind das Eis zusammentreibt, so daß es sich tagelang schließt. Es kommt dann aber nicht überall zu Packungen; im Weddellmeer ist es der Fall, doch südlich von Kerguelen nicht, weil es hier an stauenden Landgrenzen fehlt. Die äußere Grenze dieses Treibeisgürtels gegen den Ozean fanden wir aber ziemlich geschlossen und in derselben Region, in der in der Tiefe die Grenze zwischen Böschung und Tiefseeboden anzusetzen ist, so daß der Treibeisgürtel die Oberfläche des Böschungsmeeres umfaßt.

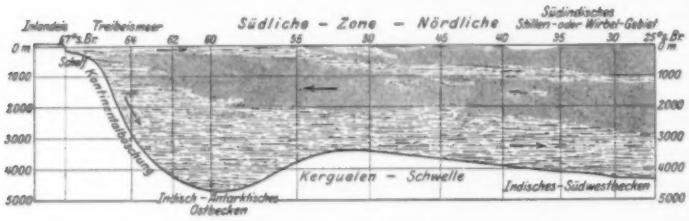
Der Einfluß des Eises ist hier nur noch in 2 Tiefenzonen erkennbar, nämlich in den obersten 200—300 m und in der mächtigen Bodenschicht; dazwischen liegt wärmeres Wasser von höherem Salzgehalt wie oben, und nahezu dem gleichen wie im Bodenwasser. Nach dessen Temperatur und Salzgehalt muß man annehmen, daß es aus niederen Breiten kommt; es dringt bis zum Schelfrande vor, doch nicht weiter und trennt die beiden kälteren Schichten darüber und darunter. So entsteht die bekannte Mesothermie der höheren südlichen Breiten, ähnlich wie im nördlichen Eismeer durch den Golfstrom.

In den oberen Lagen darüber breitet sich das Wasser des Schelfmeeres nach Norden aus, denn ihr Salzgehalt ist ebenso wie in diesem, während ihre Temperatur nach Norden allmählich zunimmt. Die Temperatur paßt sich ihrer Umgebung schneller an als der Salzgehalt, wie es auch sonst zu beobachten ist. Die kalten oberen Lagen grenzen in welligen Flächen an die wärmere Zwischenschicht darunter, sind jedoch ganz oben noch zu allen Jahreszeiten von Eisschmelzwasser überlagert, welches nicht tief geht. Sie selbst sind nicht als Schmelzwasser zu bezeichnen, sondern am besten als *das typische Polarwasser*, wie es homotherm und homohalin das ganze Schelfmeer, wieder mit Ausnahme der allerobersten Lagen, erfüllt, und dort den Grenzzustand des Ozeans gegen das Inlandeis darstellt.

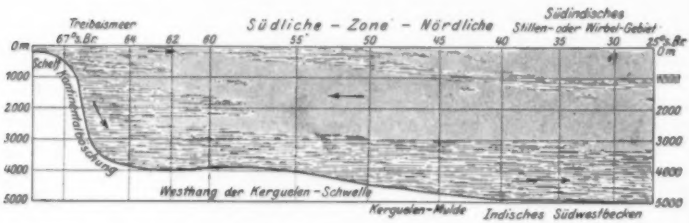
Die mächtige Bodenschicht enststeht ebenfalls durch die Entwicklung von Schelfmeerwasser nach Norden, ist aber im Gegensatz zu den oberen Lagen nicht mehr rein, sondern mit dem wärmeren Wasser der Zwischenschicht bestimmend gemischt. Denn das Bodenwasser ist kälter als diese und wärmer als das Polarwasser oben. Eine Grenze wie zwischen den beiden letzteren, gibt

es zwischen dem Bodenwasser und der Zwischenschicht nicht. Denn die Temperatur kühlt sich durch diese beiden ganz allmählich nach unten ab und hat am Boden ihr Minimum, und der Salzgehalt bleibt dabei nahezu konstant. Also hat die Mischung das Zwischenwasser nur abgekühlt und dadurch spezifisch schwerer werden und zu Boden sinken lassen, doch seinen Salzgehalt kaum verändert. Deshalb besteht das *Bodenwasser*, das in den Ozeanen bis über den Äquator nach Norden vordringt, im wesentlichen nicht aus

Fig. 1.



Schnitt in westnordwestlicher Richtung östlich vom Gaußberg und Kerguelen bis nordwestlich um St. Paul.



Schnitt in westnordwestlicher Richtung westlich vom Gaußberg und Kerguelen durch die Kerguelenmulde auf Mauritius hin.

Zeichnung der Schnitte nach Mercator-Projektion im Maßstab 1:40 Millionen am Äquator. Tiefen 1:200000, also zweihundertfache Überhöhung.

Oberflächenwasser weiß; Polarwasser gestrichelt; Tropenwasser punktiert; Boden- und Stauwasser gemischt.

Polarwasser, sondern aus jenem *Zwischenwasser*, das aus niederen Breiten herkommt; es erhält am antarktischen Schelf nur seine niedrigen Temperaturen. Ich habe diese Verhältnisse in Fig. 1 dargestellt nach einer Tafel, die Herr PATER HOFMANN gezeichnet hat, natürlich nur dem Sinne nach und ohne die Tiefengrenzen im einzelnen verbürgen zu können. Das obere Profil ist östlich, das untere westlich von Kerguelen, das letztere also durch die Kerguelenmulde gezeichnet. Der Vergleich beider bringt zugleich zum Ausdruck, daß das warme Zwischenwasser durch die Kerguelenmulde mächtiger nach Süden vordringt als östlich von Kerguelen, wo es durch die geringeren Tiefen der Kerguelenschwelle gehemmt wird. Ich habe an anderer Stelle[1]) ausgeführt, wie es dann westlich von Kerguelen durch einen submarinen vulkanischen Kerguelen-Gaußberg-Rücken nach Süden geleitet wird, und daß hierauf das oft beachtete Zurückweichen der Eisgrenzen um 80° östl. L. nach Süden beruhen kann.

Die Ausbreitung des Polarwassers oben und des Mischwassers am Boden setzt sich nördlich vom Treibeismeer fort. Wir konnten das erstere an und nahe der Oberfläche durch die südliche Zone der Westwindtrift bis über den 55° südl. Br. nach Norden verfolgen, und wir konnten aus Temperatur- und Salz-, doch auch aus Stickstoffanalysen und bakteriellen Untersuchungen feststellen, daß es darauf ziemlich steil zu Tiefen von 900—1000 m absinkt und dann nördlich von Kerguelen langsam weiter sinkend bis über den südlichen Wendekreis kommt. Wir fanden es bei Madagaskar in 1300 m Tiefe, und BRENNECKE hat seine horizontale Entwicklung auf dem „Planet" bis gegen 10° südl. Br. verfolgt.

Auch im Atlantischen Ozean ist das Polarwasser in der Breite des Kaps zuerst von der Gauß-Expedition nachgewiesen worden in einem Salzminimum, das wir dort um 1000 m Tiefe fanden. Später ist dieses im atlantischen Gebiet durch W. BRENNECKE bei der Deutschland-Expedition weiter verfolgt worden und jetzt von A. MERZ und G. WÜST auch in den älteren, früher nicht dahin gedeuteten „Challenger"- und „Gazelle"messungen erkannt worden. In dieser Ausbreitung des Polarwassers, zuerst an der Oberfläche und von 55° südl. Br. um 1000 m Tiefe, wirkt die Antarktis bis in die niederen Breiten und im Atlantischen Ozean sogar bis zum nördlichen Wendekreis hin. Im Atlantik scheint es nach dem ersten Absinken zu 1000 m in dieser Tiefe auch zu verbleiben, während es im indischen langsam weiter sinkt. Dieses ist aber das einzige antarktische Wasser, das bis in niedere Breiten kommt, während das Bodenwasser der Ozeane, wie gesagt wurde, schon aus den niederen Breiten herrührt und nach der

[1]) Sitzungsber. d. bayer. Akad. d. Wiss. zu München, math.-naturw. Abt. 1924, Heft 2, S. 157 ff.

Abkühlung am antarktischen Schelf wieder dorthin zurückkehrt. Das Polarwasser wird bei seiner Entwicklung nach Norden wohl wärmer, doch im Salzgehalt nur wenig verändert, da dieser vom Schelfmeer bis zum Äquator noch nicht um 1 ‰ zunimmt.

Das Absinken des Bodenwassers vom Schelfrande und des Polarwassers nördlich von 55° südl. Br. sind verschieden begründet; denn das erstere sinkt, weil es durch Abkühlung schwerer wurde, doch das Polarwasser aus anderem Grund, da seine Temperatur zunimmt und sein Salzgehalt sich nur wenig steigert. Ich möchte annehmen, daß dieser Grund dynamischer Art ist und darin liegt, daß südlich von den Roßbreiten warme Stromäste von Norden her in die Westwindtrift dringen und das Polarwasser zurückstauen. Man merkt das auch daran, daß in der Breite von Kerguelen die Oberflächeneinflüsse des Meeres bis 400 m erkennbar sind, während sie sonst um 100 m verschwinden, also besonders tief. Dort treffen die warmen Stromäste von Norden und kalte von Süden aufeinander und drängen sich gegenseitig zurück, wobei die letzteren als die schwächeren zur Tiefe gedrückt werden. Dabei finden auch Mischungen statt, wie man es aus den starken Temperatur- und Salzschwankungen in dem Staugebiet nachweisen kann, und wie sie besonders südöstlich vom Kap der guten Hoffnung, wo der Agulhasstrom ausläuft, durch SCHOTT und BRENNECKE näher verfolgt wurden.

Im Zusammenhang mit diesen Stauungen und dem Absinken des Polarwassers erhält die Teilung der Westwindtrift in eine nördliche und eine südliche Zone, wie sie von W. MEINARDUS durchgeführt wurde, eine nähere Beleuchtung, da die Grenze zwischen den beiden im Staugebiet liegt; sie scheidet eine südliche Kalt- und eine nördliche Mischwasserzone. Man hat es in der ersteren aber nicht mit Eisschmelzwasser zu tun, wie ich schon hervorhob, sondern mit dem Polarwasser, und in der letzteren nicht mit Warm- sondern mit Mischwasser. In dieser Hinsicht möchte ich die Angaben von MEINARDUS berichtigen. Denn das typische Schmelzwasser ist an einem mangelnden Ausgleich der konstituierenden Lösungen, also an starken Schwankungen des Salzgehaltes erkennbar, die aber in der südlichen Zone der Westwindtrift fehlen. In ihr ist das Wasser vielmehr das typische Polarwasser, wie es im Schelfmeer entsteht und durch *den vollen Ausgleich zwischen Inlandeis und Meer zu einem Grenzzustande des Ozeanwassers*, ähnlich wie an Küsten oder in Nebenmeeren, charakterisiert werden kann.

Ich darf nun schließlich auch die Ursachen der Bewegungen erörtern, welche die Einflüsse der Antarktis an der Oberfläche oder am Boden bis in niedere Breiten tragen. Nach den neueren Arbeiten von O. PETTERSSON, SANDSTRÖM, HELLAND-HANSEN, FORCH, THORADE und besonders WALFRID EKMAN ist es wohl richtig, heute zwei Arten von Meeresströmungen zu unterscheiden, nämlich Trift- und Konvektionsströme, wobei die ersteren von den Winden oder Windstauungen, die letzteren von Dichteunterschieden herrühren. Jene haben eine mehr lineare, diese eine flächenhafte Entwicklung, doch gehen beide ineinander über. Die ersteren nehmen die oberen Lagen der Meere ein, gehen aber in ihrer Weiterentwicklung durch Windstau auch in die Tiefe, diese sind Ausgleichsbewegungen in allen Tiefen, wo Dichteunterschiede vorhanden sind, gehen in der Hauptsache aber auch von der Oberfläche aus, da an ihr die Salz- und Temperatur-, also die Dichtedifferenzen entstehen.

Eine Trennung zwischen den beiden Arten läßt sich noch nicht durchführen, zumal sie sich, wie wir aus den „MICHAEL SARS"- und auch schon „Meteor"beobachtungen wissen, wohl in allen Tiefen mit Gezeitenströmungen, also mit kosmischen Bewegungen durchdringen. Man dürfte aber in naher Zukunft, ähnlich wie bei den Gezeiten, zu einer harmonischen Analyse der einzelnen Konstituenten der Meeresströmungen kommen. Nur wird man dabei nicht von Druckdifferenzen über stromlosen Flächen ausgehen dürfen, wie es MERZ und WÜST in Anwendung der älteren Anschauungen von H. MOHN versucht haben, da es solche Flächen nicht gibt und die HELMHOLTZschen Wellen auch die Druckverhältnisse wesentlich beeinflussen werden. Wichtig ist aber bei Beurteilung aller Strömungen die Ablenkung durch die Erdrotation, wie sie die Arbeiten W. EKMANS klargelegt haben, und die virtuelle Übertragung auf die Nachbarschichten, wie sie H. THORADE entwickelt.

Wir konnten vor der Küste des antarktischen Kaiser-Wilhelm-II.-Landes feststellen, daß an der Oberfläche neben drehenden Gezeitenströmen Windtriften vorhanden sind, welche sich im Mittel nach Süden gegen die Küste richten. Ich verdanke diese Feststellung der genauen Auswertung unserer Strombeobachtungen durch Dr. K. HESSEN in Wilhelmshaven. Des weiteren ist aus unseren Beobachtungen über treibende Eisberge sowie über die Schiffsbewegungen und die Richtungen des Drahtes beim Loten und Dredgen, auch aus direkten Strommessungen mit dem Zeiger von AIMÉ bis über 300 m Tiefe zu schließen, daß unter den Oberflächentriften ein Tiefenstrom vorhanden ist, der im Schelfmeer westnordwestlich und nahezu parallel zur Küste, dann im Treibeismeer mehr nordwestlich setzt und schließlich mit nördlicher Richtung zu der Westwindtrift umbiegt. Der Stromwirbel, den das Berliner Institut für Meereskunde für jenes Gebiet konstruiert hat, wird durch unsere Beobachtungen, welche die einzigen sind, die dort vorliegen und auch schon längere Zeit veröffentlicht waren, nicht bestätigt. Sie sind bei jener Konstruktion des Instituts übersehen worden.

Diesen Tiefenstrom darf ich in voller Übereinstimmung mit EKMANS Theorie aus dem Wasserstau an der Küste ableiten, welchen die gegen sie

gerichteten Oberflächenströme erzeugen. Er reicht im Schelfmeer bis über 300 m Tiefe; nördlich im Treibeismeer ist er weniger mächtig und grenzt in diesem in einer augenscheinlich welligen Fläche an das warme Zwischenwasser darunter. Er führt das Polarwasser zuerst nach Nordwesten und dann nach Norden und ist der Anfang von dessen großer Entwicklung bis in niedere Breiten, wie ich sie vorher beschrieb. Diese geht also aus einem Wind- und Windstaustrom hervor und dürfte als solcher noch die ganze südliche Zone der Westwindtrift erfüllen. Dann erfolgt das Absinken zur Tiefe infolge des Kampfes der entgegengerichteten Stromäste, die im wesentlichen ja ebenfalls Windtriften sind. Erst danach, also um 1000 m Tiefe, geht die Entwicklung in konvektive Bewegungen über, die man dort aus einem Dichtegefälle auch verstehen kann. Also gehen die vom Wind erzeugten Triften im Polarmeer kaum bis 400 m Tiefe und sind sicher bei 1000 m in konvektive Bewegungen übergegangen.

Bei dem Bodenstrom kommen die Winde nur im Beginn in Betracht, nämlich so weit, als sie und der Stau an der Küste, den sie erzeugen, das Schelfmeerwasser dem warmen Zwischenwasser entgegentreiben und mit ihm mischen, so daß es kälter und schwerer wird und zu Boden sinkt. Das Absinken ist schon ein konvektiver Vorgang, und ebenso die weitere Ausbreitung an den Ozeanböden bis in niedere Breiten, soweit man sie kennt. Man kann die konvektive Natur des Bodenstroms schon daraus folgern, daß er solche Erhebungszonen wie den Walfischrücken oder SCHOTTS atlantisch-indischen Rücken mit seinen tiefsten Lagen gar nicht oder nur teilweise überschreitet, wie die Bodentemperaturen des südafrikanischen Beckens und der Kapmulde erkennen lassen. Er erweist sich dadurch als Gefällestrom und ist wohl auch immer als solcher aufgefaßt worden. Da der Polarwasserstrom schon bei 1000 m Tiefe nicht mehr Windstrom ist, kann es ja der Bodenstrom noch weniger sein. Man kann ihn am besten mit dem Ausgleich zwischen einem Maximum und einem Minimum in der Atmosphäre vergleichen.

Die Bewegung des warmen Zwischenwassers bis zum antarktischen Schelfrand hin ist noch nicht völlig geklärt. Wir schließen aus seiner Temperatur und seinem Salzgehalt, daß es aus niederen Breiten herkommt, doch seine Bahnen kennen wir nicht. Die Beobachtungen BRENNECKES und die späteren Analysen von MERZ und WÜST, haben freilich im atlantischen Gebiet unter dem Polarwasser wieder ein wärmeres und salzreicheres Wasser erkennen lassen, in dem sie einen nordatlantischen Tiefenstrom annehmen, der aus den nördlichen Roßbreiten nach Süden setzt. Auch in den atlantischen Arbeiten des „Gauß" liegen Anzeichen dafür vor. Er würde seiner Tiefenlage nach das warme Zwischenwasser der höheren südlichen Breiten erklären können, doch der Zusammenhang zwischen beiden ist noch nicht gefunden, und BRENNECKE glaubt ihn für das atlantische Gebiet sogar ablehnen zu müssen. Hier können nur weitere Beobachtungen entscheiden, die wir vielleicht vom Meteor erhoffen dürfen, wenn er weit genug nach Süden, nämlich bis in die südliche Zone der Westwindtrift, geht. Er könnte dort ein fundamentales Problem fördern.

Ich habe das warme Zwischenwasser der höheren südlichen Breiten einstweilen als *Tropenwasser* bezeichnet, ohne seine genaue Herkunft damit angeben zu wollen. Es ist wahrscheinlicher, daß es in den Subtropen zur Tiefe geht, doch seine Wärme würde auch dann aus den Tropen stammen. Für diese Herkunft sprechen auch gewisse Jahresschwankungen, die wir in ihm gefunden. Denn während es gewöhnlich außerhalb des Schelfmeeres endigte, sandte es im Februar, also im Hochsommer der südlichen Hemisphäre, schwache Wärmewellen in der Tiefe bis in dieses hinein. Wir haben sie vor allem biologisch, nämlich an einer katastrophalen Entfaltung der Organismenwelt und weniger physisch feststellen können, wie es auch in einer Dissertation von Fräulein Dr. M. KAEMPF kürzlich dargelegt wurde. Das erfolgte zu der gleichen Zeit, wenn sich auch die Windtriften der Oberfläche mit dem Sonnengange nach Süden verschieben, so daß man für die Schwankungen des Zwischenwassers in der Tiefe, wie für die der Oberfläche wohl die gleiche tropische Herkunft annehmen darf.

So muß ich nach allem den Einfluß der Antarktis auf den Ozean für beschränkter halten, als man ihn wohl sonst, besonders im Bodenstrom, annehmen wollte. Denn die primären Kraftquellen dieses sind in den Tropen zu suchen, wo ja Bewegung und Leben jeder Art in Fülle entsteht, während es in der Antarktis erstarrt. Und wenn die Antarktis auch gerade wegen ihrer Erstarrung und wegen der Bindung der Natur und des Lebens darin zu einer geschlossenen Einheit den Menschengeist mit den gewaltigsten und zwingendsten Eindrücken erfüllt, deren er fähig ist, weil man dort in Ruhe oder in langsamer Entwicklung sieht, was in den anderen Erdräumen schnell vorüberhastet, so kommt man doch zur weiteren Erkenntnis der Erscheinungen immer erst, wenn sie sich aus der Erstarrung lösen. Dann können auch manche Betrachtungen keimen, die in der Antarktis entstanden, gleichwie der Ozean für seine Bewegungen und sein Leben am Eise wohl manchen Antrieb, aber nicht die leitenden Impulse erhält.

Der neue Menschenaffe.

Von ADOLF NAEF, Zürich.

Schon DARWIN hat die Ansicht vertreten, daß der Mensch als Art aus einem vormenschlichen Wesen entstanden sei, das dem Kreise der Menschenaffen noch völlig angehörte, und aus manchen seiner Äußerungen geht hervor, daß er sich dieses Wesen nicht allzu verschieden vom heutigen *Gorilla* dachte. Dabei war er sich besser als viele seiner Nachbeter (von denen ihn die wenigsten gelesen haben) bewußt, daß die Distanz außerordentlich groß und die von der Menschwerdung beanspruchten Zeiträume ungeheuer lang zu denken seien. — Die Popularisatoren des Darwinismus hatten es viel eiliger, und auch die modernste wissenschaftliche Literatur verrät im allgemeinen die Tendenz, bei der Ableitung des Menschen direkt vom heutigen (oder einem ihm sehr nahestehenden fossilen) Menschenaffentypus auszugehen. Freilich wird das von Fachleuten, die man darüber zur Rede stellt, z. T. ängstlich wieder verleugnet; eine richtigere Vorstellung wird aber nicht geboten und in der speziellen Diskussion vergißt man sich wieder.

Wie ich in einer Plauderei (Neue Züricher Zeitung 1925, Nr. 153) angedeutet habe und in einem Vortrag (Naturforsch.-Gesellschaft Zürich 22 Dezember 1924) schon früher bildhaft darstellte, läßt sich aber darüber heute ganz Bestimmtes feststellen, was DARWIN noch nicht wissen konnte: Vom heutigen Menschenaffentypus führt überhaupt kein Weg mehr zum Menschen hin; ihm gehen *viel menschenartigere* Wesen um Jahrmillionen voraus, und *solche* können allein beiderlei Nachkommen hervorgebracht haben. Wenn ich auch diese bei manchen Autoren bereits anklingende Erkenntnis mehr vorläufig mitgeteilt habe, steht sie doch wissenschaftlich auf sehr soliden Beinen und kann nicht durch jeden verblüffenden neuen Fund wieder umgestoßen werden. — Der Zufall wollte es, daß wenige Tage nach meinem Artikel die Zeitung von dem famosen *Australopithecus africanus* berichten konnte (gefunden von DART bei Taungs in Betschuanaland, Südafrika), welcher mit sensationeller Sicherheit zwischen die Familie des *Gorilla* und die jünger gedachte des Menschen eingeschaltet wurde. Photographien sind seither bekannt geworden (vgl. Umschau 1925, H. 9), und bereits haben auch Fachleute Gelegenheit genommen, damit aufs Eis zu gehen.

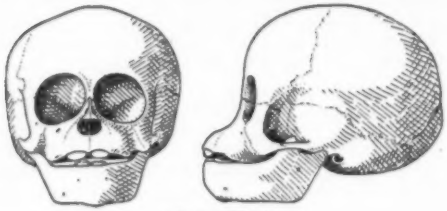
Bemerkenswert ist eine Darstellung mit Stammbaum und Zeichnung des Schädels aus der Hand eines mit Recht hoch angesehenen südafrikanischen Paläontologen (R. BROOM in Nature, 18. April 1925, S. 569). Daraus ergibt sich, daß es sich zweifellos um einen jugendlichen Menschenaffen handelt, etwa auf der Entwicklungsstufe eines 6—7jährigen europäischen Kindes stehend. Sein Schädel ist freilich in bestimmten und wichtigen Merkmalen menschenähnlicher als der irgendeines anderen Gliedes dieser Gruppe; doch gilt das im Grunde von *jeder einzelnen* der 3 lebenden *Pongiden*gattungen (d. h. der Familie, die heute aus Gorilla, Schimpanse und Orang-Utan besteht). Jede besitzt nämlich bestimmte Menschenеigenschaften unter Tieren ganz allein, was einen sehr bekannten Anthropologen (KLAATSCH) sogar dazu verführt hat, die 3 Hauptmenschenrassen von den verschiedenen Pongidenstämmen herzuleiten.

Verblüffend ist bei *Australopithecus* nur die relative Mächtigkeit des Gehirns und Gehirnschädels, auf einem Stadium der Entwicklung, wo derselbe bei den Menschenaffen sonst bereits stark zurückbleibt. Das beweist allerdings, daß es einmal Formen darunter gegeben hat, die sich an Intelligenz hoch über die heutigen erhoben. Dazu kommt das Zusammentreffen einer ganzen Anzahl weiterer Menschenähnlichkeiten, die an einen wirklichen Übergang denken lassen. Ich hebe hervor: das Fehlen der Augenbrauenwülste[1]), die menschliche Einfügung des Keilbeinflügels zwischen Stirn-, Scheitel- und Schläfenbein (vgl. Fig. 2 u. 3!), steile Schneidezähne und relativ schwache Eckzähne, ziemlich deutliches Kinn, einziges Nervenloch unter dem Auge, Griffelfortsatz (unter dem Ohr). Die Auffindung des übrigen Skelettes (es sind nur die Gesichtsteile des Schädels und dessen Höhlenausguß erhalten) würde diese Merkmale sicher noch bedeutend vermehren. Sie haben aber alle eine wichtige Eigentümlichkeit, nämlich die, für die jungen Menschenaffen *überhaupt typisch* zu sein, so daß wir sie als *ursprünglich* ansehen müssen. Andererseits besitzt *Austr.* (noch mehr als der verwandte Schimpanse) den völlig eingedrückten Nasenrücken des Orang, im Gegensatz zum *Gorilla*, der auch sonst noch manches an Menschlichkeit von den anderen voraus hat (Fig. 2), besonders in der Jugend. Auch er geht menschlicher als die übrigen, stets auf der ganzen Fußsohle und hält sich überhaupt mehr am Boden als auf den Bäumen auf.

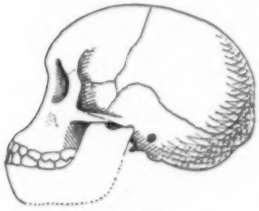
Australopithecus africanus Dart war nach alledem ein Menschenaffe, dessen Hirnwachstum während der Kinderjahre länger als bei den heutigen *Pongiden* in der Richtung auf menschliche Proportionen hin Schritt hielt und dessen Gesicht daher auch länger als bei diesen von einer deutlichen, wenn auch fliehenden Stirn beherrscht wurde; dabei blieb die Bildung von Augenbrauenwülsten gehemmt, um wahrscheinlich später (gegen

[1]) Die sogar einigen älteren Hominiden noch eigen waren, nämlich sowohl dem *Pithecanthropus erectus* als dem *Homo Neanderthalensis*. Selbst die lebenden „Australneger" zeigen sie im erwachsenen Zustand stets sehr deutlich, während sie bei höherstehenden Menschen meist nur in Spuren auftreten. Dagegen scheinen sie schon den problematischen Obertertiärmenschen Englands (*Eoanthropus Dawsoni*) bereits gefehlt zu haben.

die Reife hin) wie bei Hominiden in mäßigem Grade doch noch einzusetzen. Die Schnauze ragte nur mäßig vor, und das ganze jugendliche Profil erinnert in auffallender Weise (Fig. 1) an das heutiger Menschenaffen, insbesondere des Orang, *auf dem Säuglingsstadium*. Obwohl bereits mit dem vollen Milchgebiß und den ersten bleibenden Mahlzähnen



Orang-Kind.



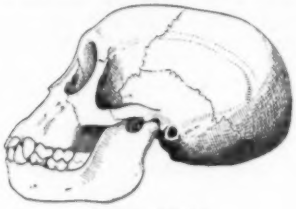
Australopithecus.

Fig. 1. Oben: Schädel eines *Orang-Utan*-Kindes, bei dem eben die ersten Zähne durchbrechen. Der Schädel ist von durchaus menschlichem Bauplan. Man beachte besonders die freie Stirn über den geradeaus gerichteten Augen! Aber die Nase ist bereits völlig eingedrückt, die Schnauze dafür in der für Orang besonderen Weise vorgeschoben, zur Entwicklung eines mächtigen Gebisses bereit. Vorder- und Seitenansicht; nach SELENKA 1898. Unten: Die Seitenansicht von *Australopithecus* nach BROOM 1925. Die Figur ist hier spiegelbildlich (zum Vergleich) umgezeichnet und zeigt die im Original von B. rekonstruierten Teile des Unterkiefers ebenfalls punktiert. Die hintere Partie der Schädelkapsel ist (nach dem Umriß des Ausgusses) von B. fest ausgezeichnet. Man erkennt bei beiden Schädeln auffallend ähnliche Proportionen; doch ist die hintere Begrenzung der Augenhöhle bei *Austr.* in der Form menschlicher; Ober- und Unterkiefer verraten durch die im ganzen sozusagen nach unten gezogenen Zahnreihen eine spätere Entwicklungsstufe, auf der beim Orang die relative Größe des Gehirnteils bereits zurücktreten würde (vgl. Fig. 2). Alles $^1/_4$ natürl. Größe.

versehen, wie ein 6—7jähr. Menschenkind, zeigt er noch immer die (vorauseilende) Gehirnentwicklung der allerfrühesten Jugend und damit gegenüber den *Pongiden* eine Überlegenheit, die im Gleichgewicht des Organismus auch weitere Verschiebungen bedingt: Ein derartiger Kopf kann, wie auch die Lage des Hinterhauptloches beweist, von der wieder die des Hinterhauptgelenkes abhängt, nur wagrecht (nach Menschenart) auf der senkrechten Halswirbelsäule ruhen, und die *normale Körperhaltung* mußte damit (im Gegensatz zu den *Pongiden*) eine mehr oder weniger aufrechte *bleiben*.

Man muß hier bedenken, daß bei den *Säuglingen* der Affen überhaupt, die sich vorn an der Mutter Leib festklammern, die aufrechte Tragart des unverhältnismäßig schweren Kopfes die allgemeine, ja die einzig mögliche ist, und daß in der Organisation der ganzen Ordnung außerdem durch *sitzende* Ruhehaltung und Klettern die aufrechte Stellung vorbereitet wird, da Skelett und Muskulatur natürlich völlig darauf eingestellt sein müssen. DART und BROOM folgern ganz mit Recht, daß auch der *Gang* bei Austr. ein mehr oder minder aufrechter gewesen sein muß.

Dagegen spielen andere der hervorgehobenen Menschenzüge stammesgeschichtlich keine Rolle. Ähnlich langköpfige Formen findet man auch unter den Pongiden (junger Gorilla, Fig. 2, im Gegensatz zu Schimpanse und Orang), bei denen auch das Schläfenbein z. T. in ähnlicher Weise nach oben greift, wie BROOM für *Austr.* angibt. Das frühere



Junger Gorilla.

Fig. 2. *Schädel eines jungen Gorilla* (umgezeichnet nach dem Original von SELENKA 1899, Taf. 8, Fig. 171, $^1/_2$ natürl. Größe). Man beachte die auffallend menschlichen Proportionen im Vergleich mit Fig. 3! Das Gebiß zeigt bei etwas starken Eckzähnen doch die für jugendliche Anthropomorphen typische Bildung, ganz ähnlich der bei *Australopithecus* beobachteten. Die punktierten Backenzähne sind die in Wirklichkeit noch nicht durchgebrochenen ersten Dauermolaren, die *Austr.* bereits besitzt. Obwohl in der Gesamterscheinung menschlicher als dieser, zeigt schon der junge Gorillaschädel bereits ein relatives Zurückbleiben der Gehirnkapsel. Die Einfügung des Keilbeinflügels (*k*) in dieselbe (bei Affen vielfach auch menschlich [ursprünglich] und bei Orang schwankend, bei *Australopithecus* wieder menschlich) zeigt hier die für *Pongiden* normale Form. Schläfenbein und Stirnbein stoßen breit zusammen über dem zurückbleibenden Keilbein. Urtypisch ist wohl die beim Neandertaler (Fig. 3) rekonstruktiv eingetragene Anordnung.

oder spätere Verwachsen der Knochennähte zeigt (auch beim Menschen) so starke individuelle Schwankungen, daß darauf kein Gewicht fällt. Das Gebiß gleicht durchaus dem junger Pongiden und dürfte, wie die ausgesparten Lücken („Diastemata") beweisen, später ziemlich kräftige Eckzähne ausgebildet haben.

Aus den verbleibenden Menschenähnlichkeiten sind nun zweierlei Schlüsse möglich: Entweder *Austr.* vermittelt wirklich zwischen Pongiden und Hominiden in mehr oder minder gerader Linie,

oder er verdankt seine unverkennbare Mittelstellung dem Umstand, daß er den vorauszusetzenden gemeinsamen Vorfahren von Menschen und Menschenaffen näher geblieben ist als die Pongiden. Im ersteren Falle wäre er wenigstens als direkter Abkömmling einer stammesgeschichtlichen Übergangsform anzusehen und müßte die stark menschliche und sicher urtypische Nasenbildung des Gorilla (ebenso wie Schimpanse und Orang) *einstweilen* aufgegeben haben. Das ist bei einem Menschheitskandidaten sicher nicht wahrscheinlich, und wir neigen daher der zweiten Alternative zu.

Diese Auffassung ist um so natürlicher, als Bau und ***Entwicklung*** der Menschenaffen beweisen, daß sie einst (am Menschen gemessen) viel höher standen als heute und als dafür auch bestimmte paläontologische Tatsachen sprechen: Die ältesten ihrer Vertreter sind am wenigsten, die jüngsten fast am meisten von der menschlichen Norm abgewichen. Der früheste Anthropoide überhaupt (*Propliopithecus Haeckeli* aus dem mittleren Tertiär Ägyptens) ist zugleich die einzige bekannte Form, die im Verdachte stehen darf, ein direkter Vorfahr der Hominiden zu sein (vgl. SCHLOSSER 1911).

Sicher ist, daß *Australopithecus* irgendwie zwischen Pongiden und Hominiden steht, den ersteren typisch trotz allem näher, und daß er in vielen Zügen den primären *Anthropomorphen*charakter trägt, wenn wir darunter den die *Pongiden* und *Hominiden* umschließenden Kreis des natürlichen Systems verstehen. Wahrscheinlich haben sich seine Vorfahren von den Urformen der Pongiden schon im unteren *Miocän* getrennt; denn im mittleren *M.* erscheint der abgeänderte Charakter der heutigen Menschenaffen bereits ziemlich ausgeprägt. Das geologische Alter des vorliegenden Schädels ist unsicher, am ehesten voreiszeitlich (Pliocän).

Wenn uns also der neue Menschenaffe *direkt* nichts lehren kann über Gestalt oder Lebensweise unserer Vorväter, so ist er doch ein höchst bedeutsames Glied im Verwandtschaftskreise der Anthropomorphen, in dem er wohl den Rang einer besonderen Familie (*Australopithecidae* neben den *Hominidae* und *Pongidae*) beanspruchen darf. Über den ursprünglichen Zustand der ganzen Gruppe verrät er nur eines: Derselbe muß wenigstens die *Möglichkeit* in sich getragen haben, die ausgesprochen menschlichen Jugendzustände, die *allen* Gliedern mehr oder minder eigen sind, viel länger beizubehalten als die heutigen *Pongiden*. Das ist vielleicht das entscheidende Moment bei der ganzen Menschwerdung: Mögen auch die erwachsenen Vormenschen der späteren Tertiärzeit noch manch äffischen Zug besessen haben, der heute verloren ist, so müssen sie doch reich geblieben sein an Freiheit der Anpassung, primitiv, kindlich und gerade darum menschlich. Diese Einsicht strenger zu begründen, soll einem folgenden Aufsatz vorbehalten sein.

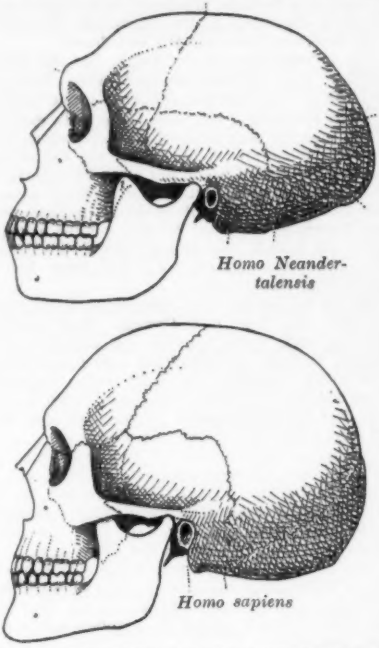


Fig. 3. *Zur Morphologie des Hominidenschädels. Oben: Homo Neandertalensis*, nach dem schönen Stück aus der Grotte von Chapelle-aux-Saints auf Grund der Originalfiguren M. BOULES rekonstruiert. Alter: Letzte Zwischeneiszeit. Man beachte die geradezu verblüffende Ähnlichkeit des Typus mit dem *jungen* Gorilla (Fig. 2), von der allerdings das erwachsene Tier kaum noch Spuren zeigt. — Die Darstellung des Schädels selbst ist völlig zuverlässig. Unsicher bleibt nur die Form des mit ? versehenen Fortsatzes am Unterkiefer; der vielleicht nicht über die punktierte Linie hinausgeht. *Unten: Homo sapiens*, nach einem männlichen wohlgebildeten Schädel nordeuropäischer Rasse, bei dem Weisheitszähne nicht zur vollen Ausbildung gelangt sind, was ein progressives Merkmal der Kulturvölker darzustellen scheint.

Besprechungen.

KAYSER, H., **Tabelle der Schwingungszahlen der auf das Vakuum reduzierten Wellenlängen zwischen λ 2000 A und λ 10000 A.** Leipzig: S. Hirzel 1925. V, 106 S. 4°. Preis geh. 10,80, geb. 13 Goldmark.

Es gibt wohl kaum ein Laboratorium, in dem die Umrechnung von Wellenlängen auf Wellenzahlen und umgekehrt nicht eine ebenso häufige wie lästige Rechnungsarbeit bildete. Die schnelle Entwicklung der Theorie der Linien- und Bandenspektren in jüngster Zeit hat diese Arbeit immer mehr anwachsen lassen und damit das dringende Bedürfnis nach einer bequemen und doch genauen Tafel wachgerufen, die ebenso für die Umrechnung der Wellenlängen auf das Vakuum wie für die weitere Umrechnung auf Schwin-

gungszahlen benutzt werden kann. Bislang stand meines Wissens hierzu an größeren Tafeln nur die Reziprokentafel von OAKES[1]) zur Verfügung, die indes nicht genau und nicht ausführlich genug ist, und zudem die Umrechnung aufs Vakuum überhaupt nicht berücksichtigt. Außerdem existieren einige sagenhafte Manuskripte, die in einzelnen Laboratorien zirkulieren.

Um so herzlicher ist der Dank, den die Physiker, Chemiker und Astronomen dem alten Meister der Spektroskopie, H. KAYSER, schulden, daß er sich selbst der Mühe unterzogen hat, eine Tafel völlig neu zu berechnen, aus der man bequem die Reziproken der aufs Vakuum reduzierten Wellenlängen auf sieben Stellen genau, in der achten Stelle mit einer Unsicherheit von durchschnittlich 1—2 Einheiten entnehmen kann. Die Einrichtung der Tafel entspricht im ganzen der der Logarithmentafeln. Fünf Stellen werden direkt abgelesen, die sechste und siebente mittels der bequemen kleinen Proportionaltafeln, die auf jeder Seite angegeben sind, berechnet.

Für die Reduktion aufs Vakuum ist die Formel von W. F. MEGGERS und C. S. PETERS (Bull. bureau of stand. **24**, 697. 1917) benutzt, die jedenfalls in den mittleren Partien des Bereiches λ 2000—λ 10 000 zuverlässig ist, während die wohl noch vorhandenen kleinen Fehler im Bereiche kürzester Wellen wegen der heute dort noch geringeren Genauigkeit der Wellenlängenmessung ohne Bedeutung sind.

Parallel zu der eigentlichen Reziprokentafel gehen zwei Kolumnen, von denen die erste die Werte $(n-1)10^7$ (n = Brechungsexp. d. Luft) fortschreitend im Intervall einer ganzen Angströmeinheit bringt, während die zweite das Produkt $\lambda\,(n-1)\cdot 10^7$ gibt. Da die Umrechnung aufs Vakuum nach der Regel $\lambda_0 = \lambda \cdot n$ geschieht, wo λ die bei 15° und Atmosphärendruck gemessene Wellenlänge bedeutet, so ist $\lambda\,(n-1)$ die an λ anzubringende Korrektur. Diese ist auf fünf Stellen hinter dem Komma (ganze A) gegeben und auf fünf Stellen genau.

Daß es dem Verf. gelang, die ca. 64 000 erforderlichen Einzelrechnungen in verhältnismäßig sehr kurzer Zeit fertigzustellen, ist außer der zähen Energie KAYSERS der HELMHOLTZ-Gesellschaft zu verdanken, die eine elektrisch betriebene Rechenmaschine zur Verfügung stellte.

Autor und Verlag haben alles getan, um das nützliche Werk gut auszustatten und möglichst fehlerfrei zu drucken. In der Tat ließen die bisherigen Vergleiche keinen Druckfehler finden, außer einem nebensächlichen Fehldruck in dem Text der Einleitung.

Es unterliegt nicht dem geringsten Zweifel, daß die neue Tafel jedem Spektroskopiker unentbehrlich sein wird. Mehr als das: Die Befreiung von der geisttötenden Wiederholung mechanischer Arbeit ist stets ein starker Aktivposten der exakten Naturwissenschaften in der Bilanz der Kultur der Gegenwart gewesen. KAYSERS wissenschaftliches Guthaben ist wahrlich groß genug. Aber wir buchen gerne und dankbar dies neue Plus auf neuem Konto. H. KONEN, Bonn.

BACK, E., und A. LANDÉ, **Zeemaneffekt und Multiplettstruktur der Spektrallinien.** Struktur der Materie in Einzeldarstellungen. Berlin: Julius Springer 1925. XII, 213 S., 25 Abb. und 2 Taf. 13 × 20 cm. Preis geh. 14,40, geb. 15,90 Goldmark.

Das vorliegende Buch stellt den ersten Band einer Sammlung von Monographien dar, die unter dem Namen „Struktur der Materie" von den Göttinger Physikern M. BORN und J. FRANCK herausgegeben wird. Der Zweck dieser Sammlung soll sein, die einzelnen Forschungszweige, die sich unter dem Namen „Struktur der Materie" zusammenfassen lassen, so eingehend zu behandeln, wie es als Grundlage für die wissenschaftliche Weiterarbeit notwendig ist. Durch diese Zielsetzung kommt die Abgrenzung der neuen Sammlung gegenüber anderen zusammenfassenden Darstellungen desselben Gebietes klar zum Ausdruck. Die physikalische Literatur besitzt ja in dem bekannten Buche von A. SOMMERFELD „Atombau und Spektrallinien" ein Standardwerk, das sich zwar offiziell an den viel weiteren Kreis aller naturwissenschaftlich interessierten Leser wendet, aber infolge der sehr ausführlichen, dem neuesten Stande der Forschung angepaßten Darstellung verschiedener Teilgebiete der Atomforschung auch jedem auf diesem Gebiete arbeitenden Wissenschaftler zum unentbehrlichen Hilfsmittel geworden ist. Es ist ja genügend bekannt, wie anregend das SOMMERFELDsche Buch auf die Atomforschung nicht nur in Deutschland, sondern auch im Auslande gewirkt hat. Trotzdem kann und will dies Buch natürlich nicht das Ziel erreichen, das sich die neuentstehende Sammlung gesetzt hat. Das ergibt sich z. B. sofort, wenn wir Umschau halten nach einer zusammenfassenden Darstellung der für die Atomforschung bedeutsamen experimentellen Forschungsmethoden, die in dem SOMMERFELDschen Buche, seinem wesentlich theoretischen Charakter entsprechend nur in ihren Prinzipien dargelegt sind. Hier liegt tatsächlich ein besonders starker Mangel vor und es ist zu hoffen, daß die neue Sammlung diese Lücke weitgehend ausfüllt. Aber auch der Theoretiker wird eine ins einzelne gehende Darstellung verschiedener Teilgebiete der atomtheoretischen Forschung freudig begrüßen, obwohl das SOMMERFELDsche Buch in dieser Hinsicht schon weitgehenden Anforderungen gerecht wird. Das Ideal für die Darstellung bleibt entschieden die harmonische Zusammenfassung von Experiment und Theorie und gerade in dieser Hinsicht stellt das erste Buch der Sammlung ein Muster dar, das für später erscheinende Bände als vorbildlich bezeichnet werden kann.

Es ist selbstverständlich, daß Bücher mit dem soeben gekennzeichneten Ziele nur von Spezialisten verfaßt werden können. Da aber Theoretiker und Experimentator nur sehr selten in einer Person vereinigt sind, so muß die Zusammenarbeit von beiden nicht nur in der Forschung, sondern auch bei der Abfassung eines solchen Buches als das Optimum des Erreichbaren bezeichnet werden. Die Zusammenarbeit des Theoretikers LANDÉ mit den Experimentalphysikern des Tübinger Institutes und insbesondere mit E. BACK hat nun bekanntlich in kurzer Zeit zu erstaunlichen Ergebnissen auf dem Teilgebiete der Atomforschung geführt, das durch den Titel des vorliegenden Buches gekennzeichnet ist, und wenn nun die beiden genannten Forscher sich auch hier bei der zusammenfassenden Darstellung zu gemeinsamer Arbeit zusammenfinden, so entspringt daraus für den Leser nicht nur der Vorteil einer in einheitlichem Zusammenhange stehenden Darstellung von Theorie und Experiment, sondern er gewinnt auch einen Eindruck von der starken gegenseitigen Gebundenheit der beiden Autoren in ihrem Forschungsgebiet. Keiner von beiden wäre ohne den anderen in so kurzer Zeit zu den in gemeinsamer Arbeit erzielten Resultaten gelangt und man muß es im Interesse der Wissenschaft begrüßen, daß die äußeren Umstände sich so gestalten ließen, daß diese enge und intensive Zusammenarbeit möglich wurde.

[1]) W. H. OAKES, Table of reciprocals. London, ohne Jahr.

Der Inhalt des etwa 200 Seiten langen Buches zerfällt den beiden Autoren entsprechend in zwei Teile, in einen ersten theoretischen Teil von A. Landé und in einen zweiten experimentellen Teil von E. Back. Man möchte zunächst meinen, daß es zweckmäßiger wäre, den experimentellen Teil als das Primäre vorauszusetzen. Bei der Lektüre des Buches versteht man aber, weswegen die getroffene Anordnung gewählt wurde. Denn wenn auch die Kapitel, in denen lediglich die experimentellen Anordnungen behandelt werden, der Theorie hätten vorangestellt werden können, so ließ sich die Darstellung der Methoden zur Auswertung der gewonnenen Spektrogramme doch nur geben nach vorhergegangener Behandlung der von der Theorie erschlossenen Gesetzmäßigkeiten. Um nun die Einheitlichkeit der Darstellung zu wahren, war es entschieden das Richtige, den ganzen theoretischen Teil vorwegzunehmen.

In diesem wird nach einer kurzen Einleitung zunächst der normale Zeemaneffekt und seine theoretische Deutung sowohl auf Grund der klassischen Elektronentheorie als auch der Quantentheorie behandelt. Der Schwerpunkt des theoretischen Teiles liegt aber in dem zweiten Abschnitt, der sich mit dem anomalen Zeemaneffekt beschäftigt. Nach kurzer Darlegung der empirischen Grundlagen wird gezeigt, wie man für die anomalen Zeemaneffekte der Dublett- und Triplettlinien auf rein empirischem Wege zu der sog. Termanalyse kommen kann, d. h. zur Deutung der einzelnen Komponenten des Aufspaltungsbildes als Übergängen zwischen entsprechend aufgespaltenen Energieniveaus des Atomes. Das eigentliche Problem des anomalen Zeemaneffektes liegt nun darin, die Gesetzmäßigkeiten zu finden, von denen diese Aufspaltungen der Energieniveaus nicht nur bei den Dublett- und Triplettspektren, sondern allgemein bei den Multiplettspektren beherrscht werden. Dazu werden zunächst die Strukturgesetze der Multiplettspektren ausführlich dargelegt. Diese bilden die Grundlage zur Aufstellung der Formel für die Aufspaltungsfaktoren der Energieniveaus im magnetischen Felde. Diese Formel, die von Landé auf Grund eines nur relativ kleinen Beobachtungsmaterials auf intuitiv empirischen Wege gefunden wurde, muß im wahrsten Sinne als eine Zauberformel bezeichnet werden. Denn was sie leistet, ist nichts Geringeres als die genaue Voraussage der zu erwartenden Zeemanaufspaltung für jede Spektrallinie, für die die Einordnung in ein Multiplettspektrum bekannt ist. Dabei ist eine streng theoretische Ableitung dieser Formel auf Grund atommodellmäßiger Vorstellungen bisher nicht möglich. Die diesbezüglichen theoretischen Überlegungen, die anschließend in dem Buche gegeben werden, tragen einen durchaus provisorischen Charakter, zeigen aber deutlich, daß wir hier auf Schwierigkeiten stoßen, die aufs engste mit den Grundlagen der Quantentheorie verknüpft sind. In weiteren Abschnitten des Buches werden dann der Paschen-Back-Effekt, die Beziehungen des Zeemaneffektes zu anderen Gebieten der Atomtheorie und die absoluten Intervalle der Multipletterme behandelt. Die Darstellung dieses theoretischen Teils ist trotz der außerordentlichen Kompliziertheit des Stoffes klar und übersichtlich, aber in manchen Teilen vielleicht etwas zu knapp. Der Leser, der mit der Materie nicht schon bis zu einem gewissen Grade vertraut ist, wird an manchen Stellen wohl auf Schwierigkeiten im Verständnis stoßen. Vielfach wird er vielleicht auch Zweifel haben, ob die in sehr weitgehender Verallgemeinerung gegebenen Gesetze wie z. B. die Gesetze der Intervallfaktoren oder die Verzweigungsregel für die Multiplettspektren eine so allgemeine Gültigkeit besitzen, wie es in dem Buche dargestellt wird. Daß aber an der Richtigkeit der grundlegenden Formel für die Aufspaltungsfaktoren kein Zweifel bestehen kann, dafür wird der überzeugende Beweis in dem zweiten Teil des Buches gebracht, der sich nun mit den experimentellen Tatsachen beschäftigt.

E. Back bespricht hier zunächst die praktischen Grundlagen für die Erforschung des Zeemaneffektes und beschreibt sodann die Apparatur, mit der es gelungen ist, Bilder der Zeemaneffekte zu erhalten, auf denen auch bei komplizierten Aufspaltungen die einzelnen Komponenten scharf voneinander getrennt sind. Die Größe des Fortschrittes, der hier erzielt worden ist, wird erst klar, wenn man die wunderbaren Reproduktionen von Zeemanaufspaltungen, die auf den Tafeln am Schlusse des Buches enthalten sind, mit Bildern aus früheren Arbeiten vergleicht. Der Erfolg ist vor allem zu verdanken der sorgfältigen Ausbildung einer Vakuumlichtquelle, die mit großer Lichtintensität äußerste Schärfe der Linien verbindet. Alle Einzelheiten in der Anordnung dieser Lichtquelle sowie des benutzten Magneten werden eingehend mitgeteilt. Besonders zu begrüßen ist aber die genauere Beschreibung des benutzten Spektralapparates, der großen Konkavgitteraufstellung des Tübinger Institutes. Auch die Theorie des Gitterspektralapparates wird kurz behandelt und eingehend diskutiert, weswegen das Konkavgitter in der von Runge und Paschen getroffenen Anordnung für die Untersuchung des Zeemaneffektes eine viel größere Bedeutung hat als die Interferenzspektroskope. Das letzte Kapitel beschäftigt sich mit der Auswertung empirisch festgestellter Zeemaneffekte. Hier werden alle Einzelheiten des einzuschlagenden Verfahrens dargelegt und an Beispielen illustriert; es wird gezeigt, wie die Landésche Theorie nun die Möglichkeit gibt, die vorkommenden Aufspaltungsbilder in verschiedene Grundtypen einzuteilen und dann die Termanalyse vorzunehmen, die als Endresultat die Aufspaltungsfaktoren der Energieniveaus liefert. Dabei ergibt sich dann die Möglichkeit einer sehr scharfen Prüfung der Landéschen Formel an dem vorliegenden nun schon sehr umfangreichen Beobachtungsmaterial. Die geradezu verblüffende Übereinstimmung zwischen Theorie und Experiment wird an Beispielen aufs deutlichste illustriert. Den Schluß des Buches bildet eine Literaturübersicht und tabellarische Zusammenstellung der Zeemantypen.

Auch dieser zweite Teil des Buches zeichnet sich durch Klarheit der Darstellung aus. Er trägt ebenso wie der erste Teil einen stark persönlichen Charakter, indem eben die Ergebnisse und Methoden, die von den Verfassern selbst stammen, eine bevorzugte Darstellung in ihren Einzelheiten erfahren. Bei dem Zweck, dem diese Monographie dienen soll, scheint uns darin kein Fehler zu liegen, jedenfalls gibt diese Art der Darstellung dem Buche eine individuelle Eigenart, deren Reiz sich der Leser nicht zu entziehen vermag. Bei der prinzipiellen Bedeutung, die dem Zeemanphänomen in der modernen Atomphysik zukommt, ist es nicht zu bezweifeln, daß das vorliegende Buch bei den Physikern eine freudige Aufnahme und weite Verbreitung finden wird.

Zum Schluß sei nicht unerwähnt gelassen, daß der Verlag Jul. Springer dem Werke eine sorgfältige und gediegene Ausstattung gegeben hat. In diesem Zusammenhange möchten wir auf die ausgezeichneten Reproduktionen der Spektrogramme nochmals hinweisen.

W. Grotrian, Berlin-Potsdam.

MARX, E., **Handbuch der Radiologie. VI:** Die Theorien der Radiologie, bearbeitet von M. v. LAUE, P. ZEEMANN, H. A. LORENTZ, A. SOMMERFELD und G. WENTZEL, GEORG JOOS, E. RIECKE †, L. VEGARD, P. DEBYE. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft 1924. XI, 806 S. und 141 Abbild. 17 × 25 cm. Preis geh. 40, geb. 42 Goldmark.

Das MARXsche Handbuch findet mit dem vorliegenden Band, der durch den Krieg und anderes Mißgeschick stark verspätet wurde, seinen Abschluß. Ein schönerer Schlußstein dieses Werkes hätte sich nicht denken lassen. Der Band enthält in loser Koppelung eine Reihe von Aufsätzen der hervorragendsten Physiker über Gebiete, die durchwegs im Brennpunkt des physikalischen Interesses stehen. Sehr viele wichtige Entdeckungen der neuen und neuesten Literatur sind hier zum ersten Male im Zusammenhang dargestellt. Dabei handelt es sich natürlich um nichts weniger als um kompilatorische Arbeit, die Autoren haben ihre Aufgabe in einer eminent kritischen Durchleuchtung ihrer Materie erblickt und sie in vielen Fällen einer Abklärung näher gebracht, als es nach dem bisherigen Stande der Literatur der Fall war.

Den Anfang macht ein Artikel M. v. LAUES „Bewegung von Elektronen und Ionen im Kraftfelde". Hier werden nebeneinandergestellt 1. die exakten Bewegungsgesetze der freien Punktladungen im Vakuum, 2. die Bewegung der Ladungsträger in dichten Gasen (Theorien von J. J. THOMSON und SEELIGER). Es folgt von demselben Autor „Theoretisches über den Durchgang von α- und β-Strahlen durch die Materie". Hier ist von besonderem Werte die zusammenfassende Darstellung der neueren Theorien von BOHR, RÜCHARDT, ROSSELAND über die α-Strahlenbremsung, dann von WENTZEL über die Mehrfachstreuung. — Es folgt P. ZEEMAN: „Magnetische Zerlegung der Spektrallinien." Auf knappem Raum wird ein vorzüglicher Überblick über die Mannigfaltigkeit der hier vorliegenden Tatsachen und über die großen führenden Gesetzmäßigkeiten gegeben. (Ein kurzer Nachtrag von S. GOUDSMIT am Ende des Bandes.) Hieran schließt sich H. A. LORENTZ: „Die Theorie des ZEEMANeffektes", wo eine wichtige Untersuchung über die Energie- und Impulsbilanz des im Magnetfeld strahlenden Atoms besonders hervorzuheben ist. Sodann „Anwendung der Quantentheorie auf die Physik der Atome" von SOMMERFELD und WENTZEL, eine kurze (37 Seiten), wundervoll klare Übersicht über die Grundlagen der Quantentheorie mehrfach periodischer Systeme und ihre Anwendung auf die Terme der Linienspektren. — JOOS: „Anregung der Atome zur Lichtemission" behandelt ausführlich die Resonanz-, Fluoreszenz- und Elektronenstoßstrahlung, einschließlich Anregung der Röntgenspektren. Die Fülle neuer wichtiger Entdeckungen der letzten Jahre hat auf diesem Gebiete dem Fernerstehenden die Orientierung schwer gemacht, wir glauben, daß das klare und schöne Kapitel von vielen mit besonderer Dankbarkeit begrüßt werden wird.

Die bisher genannten Abschnitte füllen etwa 280 Seiten. Die nächsten 200 Seiten nimmt ein Artikel des verstorbenen E. RIECKE: „Elektronentheorie galvanischer Eigenschaften der Metalle" ein, der noch aus dem Jahre 1913 stammt. Den pietätvollen Bemühungen M. v. LAUES ist es zu danken, daß die Herausgabe des Manuskriptes in diesem Zusammenhang noch möglich war. Mit Recht hat uns LAUE das Werk RIECKES möglichst getreu zu erhalten versucht und sich (von der unvermeidlichen Streichung eines überholten Kapitels über den lichtelektrischen Effekt abgesehen) darauf beschränkt, Zahlenwerte nach dem neuesten Stand zu verbessern und Fehlendes in vielen kleineren und drei großenZusätzen zu ergänzen(Thermodynamik der Glühelektronen, Leitfähigkeit bei tiefsten Temperaturen, Gittertheorien der metallischen Leitung) — Es ist eigentlich erstaunlich, daß wir trotz des ungeheuren Wandels, den unsere Vorstellungen in allen Teilen der Physik im letzten Jahrzehnt erfahren haben, diesen 12 Jahre alten Aufsatz doch nicht als veraltet empfinden; er ist im Gegenteil ein wertvolles Dokument eines Standpunktes, den wir freilich heute noch weit stärker erschüttert glauben, als schon der Autor zu seiner Zeit, ohne daß wir doch bis heute einen befriedigenderen Standpunkt an seine Stelle zu setzen hätten, der einen gleich umfangreichen Erscheinungskomplex umfaßte wie die hier hauptsächlich dargestellte Elektronengastheorie.

Nach einer kurzen, aus schwer verständlichen Gründen gerade hier eingeschobenen Darstellung des Comptoneffektes durch v. LAUE folgt nun ein längeres Kapitel von L. VEGARD über das Nordlicht. So interessant und wertvoll und den anderen durchaus ebenbürtig dieser Artikel auch ist, scheint er uns ein wenig aus dem Rahmen des Ganzen herauszufallen. Das ist aber schließlich Nebensache, man würde die vorzügliche zusammenfassende Bearbeitung aus berufenster Feder nicht aus formalen Gründen missen wollen. Dem RIECKEschen Aufsatz gliedert sich organisch an der nun folgende von P. DEBYE: „Theorie der elektrischen und magnetischen Molekulareigenschaften". Den roten Faden dieser Arbeit bilden die Phänomene partieller Orientierung der Moleküle im elektrischen und magnetischen Feld infolge ihrer dauernden elektrischen und magnetischen Momente. Das experimentell höchst verwickelte und theoretisch durchaus noch nicht völlig abgeklärte Gebiet ist mit der an diesem Autor bekannten meisterhaften Klarheit und souveränen Überlegenheit über seinen Stoff dargestellt. Da DEBYE hier in seiner ureigensten Materie arbeitet, ist es nicht zu wundern, daß auch vieles Neue, in der Literatur bisher nicht vorliegende mitgeteilt wird. —

Wenn wir auch die wenig organische und etwas willkürlich anmutende Auswahl und Anordnung des Stoffes in diesem Band nicht unbedingt loben wollen, so war sie doch vielleicht der Preis für einen nicht hoch genug zu veranschlagenden Vorzug: jeder Autor hat hier über *das* geschrieben, was ihm am Herzen lag, unter einem Minimum von äußerem Zwang. In einer bestimmten Ausdehnung erschöpfend sein Wollen oder Müssen ist so ziemlich das Grab der Tiefe und begrifflichen Reinlichkeit. Die Langeweile des Autors überträgt sich auf den Leser, es kommt der wohlbekannte trockene Handbuchton zustande, der etwas Unpersönliches, Bürokratisches hat. Nichts von dem ist in diesem Buche zu spüren. Viel öfter hat man das Gefühl, ein Glaubensbekenntnis zu lesen. Man ist Seite für Seite in Kontakt gesetzt mit fesselnden *Persönlichkeiten* von überragendem Geist, deren Führung man sich gerne anvertraut.

Die Ausstattung des Werkes hinsichtlich Druck, Papier und Illustrationen ist vorzüglich. Etwas störend sind die zahlreichen Druckfehler. Ferner nimmt es Wunder, daß der Aufsatz eines Nichtdeutschen (VEGARD) anscheinend ganz ohne sprachliche Korrektur dem Druck übergeben wurde. Man bewundert die sehr vollkommene Sprachbeherrschung des Autors, die das überhaupt möglich machte, und ich will nicht leugnen, daß die kleinen gelegentlichen Abweichungen vom Sprachgebrauch vielleicht sogar den Reiz der Intimität und des unmittelbaren persönlichen Kontaktes erhöhen.

Der Autor wäre aber wahrscheinlich für die Beseitigung dieser Abweichungen dankbar gewesen.

Dem Werk größte Verbreitung zu wünschen, haben wir nicht nötig. Wir glauben, daß es auf den Gebieten, die es behandelt, als Spiegel des gegenwärtigen Wissensstandes eine dauernde klassische Geltung sich erwerben wird.

E. SCHRÖDINGER, Zürich.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

Bemerkungen zur Quantenmechanik freier Elektronen.

Vor einiger Zeit ist EINSTEIN[1]) auf dem Umweg über die Statistik zu einem physikalisch sehr merkwürdigen Resultat gelangt. Er macht nämlich die Annahme wahrscheinlich, daß jedem Translationsvorgang eines materiellen Teilchens ein Wellenfeld zuzuordnen sei, das die Kinematik des Teilchens bestimmt. Die Hypothese solcher Wellen, die bereits vor EINSTEIN von DE BROGLIE[2]) aufgestellt wurde, wird durch EINSTEINS Theorie so sehr gestützt, daß es angebracht scheint, nach experimentellen Kriterien für sie zu suchen.

Man wird also vor die Aufgabe gestellt, Beugung und Interferenz bei der Bewegung von Atomen und Elektronen nachzuweisen. Die Wellenlänge, welche die Beugungsphänomene bestimmt, erhält man nach DE BROGLIE[3]) aus der Beziehung

$$\lambda = \frac{h}{m\,v} \qquad (1)$$

wo $m\,v$ den Impuls des Teilchens bedeutet. EINSTEIN hat auf die Erscheinungen hingewiesen, die daraus entspringend, die Gasentartung bei niedriger Temperatur hervorrufen. Man kann versuchen, dies dahin zu ergänzen, daß man analoge Effekte auch für langsame Elektronen annimmt. Es wären dann wegen der kleinen Elektronenmasse in einem gut zugänglichen Geschwindigkeitsbereich starke Abweichungen von der gewöhnlichen Mechanik zu erwarten. Der Zweck dieser Zeilen ist, auf einen möglichen Zusammenhang dieser Folgerungen mit gewissen Experimenten über das Verhalten langsamer Elektronen hinzuweisen. Versucht man z. B. den merkwürdigen Gang der freien Weglänge von Elektronen, den RAMSAUER[4]) und nach ihm eine Reihe anderer Autoren gefunden haben, mit der oben besprochenen Hypothese zu deuten, so zeigt sich, daß die Kurven, die diesen Gang wiedergeben, eine ganz auffällige Übereinstimmung aufweisen mit den Kurven, die man in der klassischen Theorie für die Beugung von Licht an kolloidalen Kügelchen erhält[5]). Es sieht danach so aus, als ob die langsamen Elektronen an den Atomen nach Gesetzen gestreut würden, wie sie für Licht der berechneten Wellenlänge bei Streuung an Kugeln vom Radius der Atome gelten würden. Naturgemäß ist die Übereinstimmung nur qualitativ.

Auch für Interferenz scheinen Anzeichen vorhanden zu sein in einem Experiment von DAVISSON und KUNSMAN[6]), bei welchem die Winkelverteilung von Elektronen, die an einer Platinplatte reflektiert waren, untersucht wurde. Es zeigten sich mehrere starke Maxima, die mit wachsender Elektronengeschwindigkeit in einer Richtung wanderten, wie sie nach Gl. (1) zu erwarten ist, wenn man die Maxima als Beugungsbilder nach Art eines optischen Gitters auffaßt. Setzt man als Gitterkonstante diejenige des Platinkristallgitters ein und rechnet wegen der relativ geringen Eindringungstiefe der Elektronen in erster Näherung mit einem ebenen Gitter, so erhält man durch diese rohe Rechnung Werte für die Wellenlänge, die mit den nach Gl. (1) berechneten der Größenordnung nach (auf etwa 100%) übereinstimmen. Da keine Untersuchungen an wohldefinierten Kristallobjekten vorliegen, wird die Abweichung bisher nicht entscheidend sein, vielmehr müssen weitere Experimente, die sich zur Zeit hier in Vorbereitung befinden, abgewartet werden.

Für verschiedene Hinweise habe ich Herrn Prof. I. FRANCK besonders zu danken.

Göttingen, den 18. Juli 1925.

II. Physikalisches Institut.

WALTER ELSASSER.

Reaktionsleuchten und Reaktionsgeschwindigkeit.

Die von HABER und ZISCH[1]) durch die Entdeckung der Chemilumineszenz des Natriumdampfes bei der Reaktion von Na mit Cl_2 eröffnete Arbeitsrichtung hat in letzter Zeit eine bemerkenswerte Entwicklung genommen. Einerseits finden FRÄNZ und KALLMANN[2]), daß die Vereinigung von Na mit Cl_2 nicht nur den überschüssigen Na-Dampf zur Lumineszenz anregt, sondern auch beigemischten Hg-Dampf. Andererseits zeigt BONHOEFFER[3]), daß sowohl die Na- wie die Hg-Lumineszenz auch durch aktiven Wasserstoff (WOODscher Art) ausgelöst wird.

Zur Klärung der Frage nach dem hier zugrunde liegenden Mechanismus wurde folgende Anordnung gewählt. Bei 300—350° wird Natriumdampf von 0,01 bis 0,1 mm Druck in ein etwa 1 m langes geheiztes Rohr eingeführt, an dessen anderem Ende Cl_2, Br_2, J_2 oder ein anderer zur Reaktion geeigneter Stoff mit etwa gleichem Druck einströmt. Infolge Diffusion gelangen beide Gase zum Reaktionsorte, der sich in der Mitte des Rohres ausbildet und die Gase verzehrt. In einer Zone von etwa 10 cm Länge leuchtet der Rohrinhalt unter Ausstrahlung der D-Linie und es findet eine Abscheidung der entstehenden Na-Verbindungen (NaCl, NaBr oder NaJ) als Wandbelag statt. Bei Variation der Einströmungsdrucke des Na bzw. Halogenids verschiebt sich der Schwerpunkt der Reaktion und ihre Länge ändert sich gesetzmäßig.

Die Beobachtung dieser Umsetzungen gewährt Einblick in den Reaktionsmechanismus:

1. Die Länge der Reaktionszone ist ein Maß der Reaktionsgeschwindigkeit. Je schneller die Gase sich verbinden, um so kürzer wird die Strecke sein, längs deren sie in einander eindringen. Die Rechnung ergibt,

---

[1]) A. EINSTEIN, Berl. Akad. 1924, 22; 1925, 1.

[2]) L. DE BROGLIE Thèses. Paris 1924.

[3]) Siehe EINSTEIN l. c.

[4]) Ann. **72**, 345. 1923. Für weitere Literatur und Figuren vgl. MINKOWSKI und SPONER, Ergebn. d. exakt. Naturwiss. 3.

[5]) G. MIE, Ann. **25**, 377. 1908.

[6]) Phys. Rev. **22**, 243. 1923.

[1]) HABER und ZISCH, Zeitschr. f. Physik. **9**, 302. 1922.

[2]) KALLMANN und FRÄNZ, Naturwissenschaften **13**, 441. 1925.

[3]) BONHOEFFER, Zeitschr. f. physikal. Chem. **116**, 394 (1925).

daß die Breite der Zone der dritten Wurzel aus der Reaktionsgeschwindigkeit umgekehrt proportional ist.

2. In der Reaktionszone ist einerseits die Anzahl der Umsetzungen bestimmbar, andererseits die Konzentration des Natriumdampfes berechenbar. Die Messung der Lichtausbeute gewährt Aufschluß über den Vorgang der Anregung.

I. Zunächst wurden Orientierungsversuche darüber ausgeführt, welche Reaktionen eine Chemilumineszenz verursachen und mit welcher Geschwindigkeit verschiedene Reaktionen ablaufen. Fast alle anorganischen Halogenverbindungen, die wir untersucht haben, regten die D-Linie an. Es leuchteten die Reaktionen des Natriums mit Cl_2, Br_2, J_2, HCl, $HgCl_2$, HgJ_2, $CdCl_2$, CdJ_2, PCl_3 und außerdem $Hg(CN)_2$. Das Leuchten blieb aus bei TlCl, TlJ und $AlCl_3$. Ferner konnte bei keiner organischen Halogenverbindung ein Leuchten beobachtet werden (CCl_4, C_6H_5Cl, C_6H_5J, CH_3COCl, CH_2Cl, CH_3J).

Die Längen der Reaktionszonen sind bei den einzelnen Reaktionen nicht sehr verschieden; sie betragen bei den oben angegebenen mittleren Druckverhältnissen etwa 10 cm. Nimmt man an, daß die Reaktionen vollkommen im Gasraume verlaufen, so führt demnach etwa jeder hundertste Zusammenstoß zur Umsetzung. (Eine mittlere Verschiebung eines Gasmoleküls um l cm erfolgt bei einer mittleren Weglänge von A cm annähernd nach $\left(\frac{l}{A}\right)^2$ Stößen.) Nur bei HCl ist die Ausbeute deutlich kleiner (etwa 10^{-4})[1]).

Einer genaueren Auswertung der Reaktionsgeschwindigkeiten wird die Aufklärung der einzelnen Reaktionswege vorangehen müssen. Alle erwähnten Reaktionen müssen, da trimolekulare Reaktionen wegen ihrer Langsamkeit nicht in Frage kommen, in mehreren Phasen vor sich gehen und die Reaktionszone ist der Gesamtbereich der aufeinanderfolgenden Umsetzungen. Zuweilen sieht man auch die Reaktionsphasen deutlich nebeneinander. Zum Beispiel beobachtet man bei der Jodnatriumbildung eine etwa 2 cm lange massige Abscheidung, der sich nach der Na-Seite ein etwa 10 cm langer dünner Belag anschließt. Der 2-cm-Ring entspricht der Primärreaktion zwischen Na und J_2, der dünnere Belag der Vereinigung der beim Primärprozeß entstehenden J-Atome mit dem Na. Das Maximum des Leuchtens liegt dementsprechend (s. weiter unten) in der 10-cm-Zone. Die Sekundärreaktion läuft demnach etwa 100 mal langsamer als die Primärreaktion, welche etwa bei jedem Stoß erfolgreich ist.

Trotz dieser im einzelnen ungeklärten Verschiedenheiten der erwähnten Reaktionen muß doch ihr einheitlicher Charakter auffallen. Die positive Wärmetönung ist hier ausreichende Bedingung für den Eintritt der Reaktion, die stets mit nahezu maximaler Ausbeute vor sich geht.

Faßt man die erwähnten Reaktionen mit ihren Gegenreaktionen zusammen[2]), so sieht man, daß es sämtlich Umsetzungen sind, bei denen ein Atom oder ein Radikal aus einem Molekülverband losgelöst wird und sich an ein freies Atom oder ungesättigtes Molekül anheftet. Es scheint, daß solche Reaktionen bei fast jedem Stoß vor sich gehen, wenn dabei Wärme frei wird. Für die endotherme Richtung folgt dann aus der Thermodynamik, daß stets der Bruchteil $e^{\frac{-Q}{RT}}$ (Q = Wärmetönung) der Stöße reagiert[1]).

II. Bei einigen der erwähnten Leuchtreaktionen läßt sich über den Mechanismus der Lichterzeugung Näheres aussagen.

Bei der Reaktion.

$$Na + HCl = NaCl + H$$

kann die Leuchtreaktion nur sein:

$$H + H + Na = H_2 + Na + h\nu$$

oder

$$H + Na + Na = HNa + Na + h\nu$$

Bei der Reaktion von Na und J_2 kommt nur ein Elementarprozeß, und zwar ebenfalls eine binäre Molekülbildung in Frage. Es kann nur

$$Na + J + Na = NaJ + Na + h\nu$$

vor sich gehen[2]). Die Bildung der J-Atome kann man sich nur nach dem Schema

$$Na + J_2 = NaJ + J$$

denken.

Bei den Reaktionen des Na mit $HgCl_2$, HgJ_2, $Hg(CN)_2$, $CdCl_2$, CdJ_2 läßt sich zunächst feststellen, daß die Leuchtenergie hier nicht durch Vereinigung von Atomen zu einem Molekül, sondern durch eine doppelte Umsetzung geliefert wird.

Es ist noch ungeklärt, auf welche Weise die Umsetzungswärme auf das anzuregende Na-Atom übergeht. Es ist anzunehmen, daß die Energie zunächst in Rotation und Schwingungen des entstehenden NaCl- (NaJ oder NaBr) Moleküls übergeht, und daß diese energiereichen Körper mit Na zusammenstoßen und dieses anregen.

III. Im Falle $Na + J_2$ wurden orientierende Beobachtungen über die Lichtausbeute ausgewertet. Die gemessenen Lichtstärken lagen zwischen $^1/_{100}$ und $^1/_{1000}$ HK. Die Messung der in der leuchtenden Zone niedergeschlagenen NaJ-Mengen ergab, daß etwa $^1/_{100}$ der Vereinigungen mit Lichtaussendung verbunden ist.

Nimmt man an, daß die Sekundärreaktion vollständig im Gasraum abläuft (nach dem Schema $Na + J = NaJ$), so führt unter den Versuchsbedingungen (0,01 mm Na-Druck) etwa jeder 100. Stoß zur Umsetzung, und jedes 100. Molekül, das entsteht, würde seine Energie auf das Na- übertragen. Aus der Lichtausbeute ist zu folgern, daß mindestens 10^{-4} der Stöße zwischen Na und J-Atomen zur Anregung der D-Linie führen und somit im Gasraume NaJ bilden.

Dies ist etwa 10 000 mal mehr als man vom Standpunkt der Dreierstoßtheorie (bei dem vorhandenen Druck von ca. 0,01 mm Na) erwarten sollte, wenn man mit der normalen gastheoretischen Stoßzahl rechnet. Man hat also die Wahl, anzunehmen, daß entweder der Wirkungsquerschnitt der Na-Atome für die Übernahme

[1]) Nimmt man für die Bildungswärme des Wasserstoffes aus den Atomen den Wert von 100 Kal. an, der aus der BrH-Bildungsgeschwindigkeit geschlossen worden ist (Christiansen, Herzfeld, Polanyi), so liegt die Erklärung für das abweichende Verhalten von HCl darin, daß die Reaktion $Na + HCl \rightarrow NaCl + H$ als schwach *endotherm* herauskommt.

[2]) Zum Beispiel: $Na + CdCl_2 \rightleftharpoons NaCl + CdCl$, oder $Na + Hg(CN)_2 \rightleftharpoons NaCN + HgCN$ usw.

[1]) Die Nernstsche Kettenreaktion, $H + Cl_2 = HCl + Cl$ und $Cl + H_2 = HCl + H$, beruht bereits auf der Annahme, daß Reaktionen der beschriebenen Art in exothermer Richtung nahezu bei jedem Stoß eintreten. Ebenso liegt diese Vermutung der Deutung der von Bodenstein gemessenen BrH-Bildung zugrunde, wie sie von Herzfeld, Christiansen und dem einen von uns gegeben wurde.

[2]) $Na + J = NaJ + 70$; $J + J = J_2 + 34$; $Na + J_2 = NaJ + 36$; es kann also nur die erste Reaktion die Anregungsenergie, 48,5 Kal. liefern.

der Rekombinationsenergie einige tausendmal größer ist als für gewöhnliche Zusammenstöße, oder daß die Vereinigung Na + J ohne Wechselwirkung in einem dritten Körper vor sich geht[1]). Eine weitere Diskussion dieses Ergebnisses ist von einem von uns gemeinsam mit E. WIGNER in der Zeitschr. f. Physik. gegeben worden.

Berlin-Dahlem, den 27. Juni 1925.

Kaiser Wilhelm-Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie.

H. BEUTLER. M. POLANYI.

[1]) Es ist noch im Auge zu behalten, daß der Leuchtprozeß bei Reaktionen vom Typus Na + J auch durch Zersetzung von Na_2-Molekülen (deren Existenz aus spektroskopischen Gründen angenommen wird) vor sich gehen kann nach dem Schema: $J + Na_2 = NaJ + Na'$ (Na' = angeregtes Natriumatom), doch stößt diese Erklärung auf so große Schwierigkeiten, daß wir sie einstweilig nicht diskutieren wollen.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

In der Fachsitzung am 18. Mai 1925 berichtete Prof. H. v. FICKER (Berlin) unter Vorführung von Lichtbildern über seine **Klimatologischen Untersuchungen über Innerasien,** die zum Teil auf eigenen Beobachtungen in Turkestan und Pamir beruhen.

Die sumerischen Benennungen der vier Haupthimmelsrichtungen, Osten = Berg, Westen = Regensturm, Norden = Stoßwind und Süden = Wolken lassen darauf schließen, daß jene Bezeichnungen in Russisch-Turkestan entstanden sein müssen, denn dieses Gebiet ist das einzige Innerasiens, auf das sie passen. Im Osten liegen die hohen Gebirgsmassen des Pamir und Tienschan. Schutzlos ist das Gebiet den Einbrüchen von Nordwinden preisgegeben, die ihre polare Natur in starken Temperaturfällen dokumentieren und manchmal bis nach Südpersien Erniedrigungen der Lufttemperatur bis zu — 20° hervorrufen. Der Regen kommt mit den vom Schwarzen und Kaspischen Meer her wehenden Weststürmen, deren Luftmassen, zum Aufsteigen gezwungen, Niederschläge erzeugen, die im Winter als Schnee die Gletscher der Gebirge speisen. Dagegen ziehen die aus Süden herantreibenden Wolken zu hoch, als daß sie noch Regen spenden könnten.

Russisch-Turkestan ist ein subtropisches Wüstenland, das jedoch im Vorland der Berge altberühmte Oasen und Kulturzentren aufweist. Hier gedeihen Reis und Baumwolle, denen die kalten Nordwindeinbrüche nicht schaden, aber keine Orangen und Citronen. Getreide wird noch in Höhen von mehr als 3000 m bis nahe an die Enden der Gletscher angebaut. Die Lufttemperaturen gehen im Sommer stellenweise bis über 40° hinaus. Von dem hier fallenden Niederschlag erreicht kein Tropfen das Weltmeer. Was sich nicht im Aral-See sammelt, verrinnt im Wüstensande. Das russische Westturkestan ist reich besetzt mit meteorologischen Stationen, von denen manche länger als 10 Jahre in Tätigkeit sind, während im chinesischen Ostturkestan, der Mongolei und Gobi nur wenige Stationen mit kürzeren, meist 2 Jahre nicht überschreitenden Beobachtungsreihen vorhanden sind. Im Altai gibt es genügende Stationen, doch fehlen auch hier Beobachtungen von längerer Dauer. Sehr wichtig sind die langjährigen meteorologischen Messungen in Pamirski Post, das 3640 m hoch auf der Pamirhochsteppe gelegen ist.

Eine vergleichende Betrachtung der Temperaturverteilung zeigt, daß die Tiefländer westlich wie östlich des Pamir-Tienschansystems im Winter zu kalt sind, während die Gebirge als Wärmeinseln emporragen, mit Ausnahme des Pamir, der ein Kältereservoir darstellt. Der ganze Gebirgssaum bis zum Baikalsee hin zeigt eine Temperaturumkehr (d. h. Temperaturzunahme mit der Höhe) allergrößten Stils, die auf der ganzen Erde nicht ihresgleichen findet. Möglicherweise läßt sich diese klimatische Eigentümlichkeit so erklären, daß die Tiefländer im Westen dem Zustrom kalter Luftmassen ausgesetzt sind, deren Menge nicht allzu groß ist, so daß die schwere Luft nur die tiefsten Gebiete auszufüllen vermag. Eine Bestätigung solcher Auffassung scheinen die Windverhältnisse zu bieten. Alle Stationen unter 500 m Seehöhe haben nämlich nördliche Winde, während die Windrichtung in 500—800 m Höhe verschieden ist. In größeren Höhen überwiegen im ganzen Jahre Südwestwinde. Die Nordwinde in der Tiefe dürften demnach eine passatartige Erscheinung sein. Das Januarmittel der Lufttemperatur in Pamirski Post von — 19° ist eine Folge der starken Ausstrahlung, die auf der Hochsteppe herrscht, denn wo das Gelände den Charakter des Plateaus verliert und den eines Kettengebirges annimmt, fehlt jene strenge Kälte. Zwischen dem 38. und dem 50. Breitengrade drängen sich die Februar-Isothermen dicht zusammen, so daß in der Tiefebene die Temperatur auf einen Grad Breitenzunahme um 2,1° abnimmt, ein abnorm hoher Betrag, der außerhalb des Golfstromgebietes einzig dasteht. Eine Erklärung dieser rätselhaften Erscheinung dürfte die Tatsache bieten, daß innerhalb der Zone des starken Temperaturgradienten das winterliche Schneegebiet an schneefreies Land grenzt, sich also im Laufe der Jahre die Schneegrenze in ihr verschiebt. Der Schnee wirkt konservierend auf die Temperatur kalter einbrechender Luftmassen, und die Wärme der Frühlingsluft wird zur Schneeschmelze verwendet. Im Altai verschiebt sich die Zone stärkster Zusammendrängung der Isothermen im Frühling nordwärts.

Während im ozeanischen Klima der April im allgemeinen kälter ist als der Oktober, gibt der Wärmeüberschuß des April über den Oktober einen Maßstab für die Kontinentalität ab. Der Frühling kann aber nur dort so warm werden, wo die Schneedecke fehlt. Deshalb haben auch die schneebedeckten Gebirge im allgemeinen einen kälteren April, während er auf der Pamirhochsteppe, die keinen Schnee trägt, wärmer ist. Östlich von Kaschgar erreicht der Wärmeüberschuß des April über den Oktober sogar 6°, ein Wert, der sonst nirgends auf der Erde erreicht wird. Im Gegensatz dazu ist der Frühling in der Gegend des Kaspischen Meeres sehr kalt. Hier bleibt der April bis zu 5° hinter der Temperatur des Oktobers zurück. Allerdings aber erstreckt sich dieser ozeanische Einfluß des Kaspischen Meeres nur auf ein sehr schmales Küstengebiet.

Der Niederschlag steigt von 100 mm in den Ebenen bis zu 400 oder 500 mm am Gebirgsrande an. Die Pamirhochsteppe hat nur 50—70 mm, von denen der Hauptteil im Sommer fällt. Im Gebiet von Kaschgar sinkt die Regenhöhe sogar auf 40—50 mm. Die Bewölkung erreicht in Westturkestan nur 10—20%, in Ostturkestan 50% (Kaschgar 53%).

Auf der Pamirhochsteppe wechseln flache Täler mit niedrigen Gebirgsrücken. Abflußlos ist nur das Einzugsgebiet des Sees Karakul, während der übrige Teil von Flüssen entwässert wird, welche die Randgebirge

in steilwandigen Schluchten durchbrechen, welche jedoch so eng sind, daß die kalten, in dem beckenförmigen Hochlande stagnierenden Luftmassen nur zum geringen Teil durch diese engen Täler ihren Abfluß finden. Es herrscht daher ein ausgesprochenes Strahlungsklima, und die tägliche Temperaturschwankung erreicht Beträge bis zu 30°. Im Winter ist die Hochsteppe schneefrei und im Sommer erwärmt sich die oberste Bodenschicht noch in 3100 m Höhe bei intensiver Sonnenstrahlung bis auf die Temperatur des Schwarzkugelthermometers im Vakuum. Der vertikale Temperaturgradient über einer so stark erhitzten Hochfläche ist naturgemäß groß; er steigt bis $1^1/_2$° pro 100 m, und der labile Gleichgewichtszustand bewirkt dann ein stürmisches, oft unter zischendem Geräusch vor sich gehendes Entweichen der überhitzten Luft nach oben. Der auf dem Pamirplateau lagernde See von kalter Luft hat zur Folge, daß der Luftdruck um 3,3 mm größer ist, als nach der Höhenlage zu erwarten wäre. In gleicher Höhe ist die freie Atmosphäre im Winter etwa 9° wärmer, im Sommer 6° kühler. Die klimatische Eigenart des Pamirgebietes macht sich auch darin geltend, daß die 0°-Isotherme im Laufe des Jahres eine Höhenänderung von 5200 m erleidet, mehr als irgendwo sonst auf der Erde.

Die Firnlinie steigt von Westen nach Osten hin rasch an, nämlich von 3500 m in der Hissarkette bis 4700 m in dem Gebirge Peters des Großen, an dessen Ostkette sie auf der Nordseite 800—1000 m tiefer hinabreicht als auf der Südseite. Ein gleiches Ansteigen nach Osten zeigt sich bei denVegetations- und Siedlungsgrenzen. Am geringsten ist die Höhenänderung der Baumgrenze.

Auch die Vergletscherung weist manche Besonderheiten auf, z. B. den Typus der Gletscher ohne Firnmulde, die nur aus einer Zunge bestehen, welche ihr Nährmaterial durch Schnee- und Eislawinen erhält, die von den steilen Seitenwänden herabstürzen. Das Firngebiet wird also hier durch ein Regenerationsgebiet ersetzt. Da die Seitenteile dieser Gletscher durch die Schuttbedeckung besser gegen Sonnenstrahlung geschützt sind und daher langsamer abschmelzen, so ist ihre Oberfläche in der Mitte eingesenkt. Viele tote Eismassen verdanken ihre Erhaltung der konservierenden Wirkung des Schuttes, und wahrscheinlich liegt unter dem Schutt der Pamir-Hochsteppe noch fossiles Eis, das man als Rest der Eiszeit deuten kann.

Die katastrophale Austrocknung, die Turkestan in historischer Zeit durchgemacht hat, läßt sich folgendermaßen erklären: In der Eiszeit war das Pamirplateau mit Eis vom Typus des Inlandeises bedeckt. Als nun am Ende der Eiszeit weite Erdgebiete in das Stadium der Austrocknung eintraten, wurde diese Wirkung hier durch das Abschmelzen der Eismasse kompensiert, und die Bewässerung der Niederungen ermöglichte selbst in der Austrocknungsperiode eine auf das höchste gesteigerte wirtschaftliche Entwicklung. Darauf deuten viele Ruinen und Reste alter Kanäle hin, die man in den heutigen Wüsten findet. Erst später, als neben der klimatischen Austrocknung sich auch die Erschöpfung des Schmelzwasservorrates fühlbar machte, gewann die Wüste die Oberhand. Heute liegen viele früheren Städte im Sande begraben, und alte Kulturzentren sind verödet, wie z. B. Balch im nördlichsten Afghanistan, die alte Residenz Bactra, welche heute nur wenige hundert Einwohner zählt.

Erwähnung verdient die Tatsache, daß den einfachen Lehmbauten in solchen Gegenden, in denen die jährliche Niederschlagshöhe 500 mm übersteigt, Dächer aufgesetzt werden, so daß die Hausformen ein gutes Merkmal für die Niederschlagsverteilung abgeben. Sobald genügend Wasser vorhanden ist, entfaltet sich eine üppige Vegetation, wie sich am Aralsee zeigt, wo richtige Dschungeln vorkommen, in denen auch der Tiger nicht fehlt. O. B.

Am 13. Juni 1925 berichtete Prof. O. Maull (Frankfurt a. M.) über eine **Reise durch Mittel-Brasilien.** Der Vortr. durchforschte im Jahre 1923 die Staaten Rio de Janeiro, Espirito Santo, das südliche Minas Geraes, São Paulo und den Südzipfel von Mato Grosso bis zur Grenze von Bolivien, wobei er den deutschen Siedlungen besondere Beachtung schenkte. Nördlich von Rio de Janeiro liegt in einer klimatisch außerordentlich begünstigten Gegend das von Westdeutschen begründete zu Ehren des Kaisers Pedro so benannte Petropolis in waldiges Bergland eingebettet. Seine Bedeutung hat erheblich gewonnen, seitdem es ein Industrieort geworden ist. Die Namen anderer deutscher Städte wie Novo Friburgo mahnen an die alte Heimat. Auffällig sind die schroffen pittoresken Formen des Orgelgebirges, das aus alten Gneisschollen besteht, die in Granit eingelagert sind, und dessen phantastisch zerschnittener Gottesfingergrat bis zu 2300 m hoch emporragt.

Der Hafen von Victoria, der Hauptstadt des Staates Espirito Santo, zeichnet sich durch seine enge Einfahrt aus, die ein durch Senkung des Landes unter den Meeresspiegel hinabgetauchtes Tal darstellt. Hier findet sich die größte deutsche geschlossene Kolonie in den Tropen mit 20 000 Deutschen, mehr als in allen früheren deutschen tropischen Kolonien zusammengenommen. Deutsche Dörfer sowie deutsche Einzelsiedlungen, die auf Kulturoasen im Walde liegen, lassen deutsche Hofformen erkennen, die jedoch in zweckmäßiger Weise den tropischen Verhältnissen angepaßt sind. Noch vor zehn Jahren schweiften nördlich des Rio Doce wilde Indianer umher. Heute hat die von Süden vordringende deutsche Kolonisation den Fluß bereits überschritten, aber nirgends findet sich die Kulturgrenze in so großer Küstennähe wie hier. Auch in Espirito Santo finden wir bizarre Bergformen und prächtige Felstürme, an deren Seiten ein eigenartiger Verwitterungsvorgang große schalenförmige Felsplatten losgesprengt hat.

Im südlichen Minas Geraes handelt es sich vielfach nicht um langgestreckte Gebirgskämme, wie die Bezeichnung „Serra" auf der Karte vermuten läßt, sondern um flache wasserscheidende Schwellen, wie z. B. bei der Serra da Mantiqueira, die eine in Flachkuppen und Flachriedel aufgelöste Hochfläche von etwa 1300 m darstellt und den höchsten Berggipfel Brasiliens, den 2712 m hohen Itatiaya trägt. Wild zerschnitten und in phantastische Gratzacken aufgelöst, steigt in dem Bergland von Ouro Preto der Itacolomy bis 1750 m empor. Ouro Preto selbst war die alte Hauptstadt der Goldsucher, doch wurde zum Sitz der Regierung des Staates vor 30 Jahren das nordwestlicher gelegene Bello Horizonte gewählt. Mit klugem Blick hat man diese neue Hauptstadt an der Grenze zweier Wirtschaftsgebiete angelegt, wo der Wald von der verkehrsgünstigeren Savanne abgelöst wird. Hier finden sich vielfach Beweise für die bekannte Tatsache, daß der niedrigste Kulturstand häufig nicht bei den Naturvölkern, sondern an der Kulturgrenze bei halbkultivierten Völkern angetroffen wird.

Der Staat São Paulo ist in ein östliches Kulturland und ein westliches Waldland geschieden, während jenseits des Paraná in Mato Grosso die Savanne ein großes spärlich besiedeltes Viehzuchtgebiet bildet, das bis zum Paraguay, dem Grenzflusse Boliviens, reicht. Der

Paraná ist mehr eine Verkehrsscheide als ein Verkehrsweg, da sein Lauf durch zahlreiche Wasserfälle und Stromschnellen gesperrt wird. Dagegen ist der Paraguay eine mächtige offene Wasserstraße innerhalb einer riesenhaften Niederung, so daß man bei ihm die Vorstellung hat, am Meeresufer zu stehen und Corumbá einem Seehafen gleicht. Von hier aus schreibt der Abfall der ostbolivischen Platte dem Fluß eine Strecke weit seinen Lauf nach Süden vor; er ist in dieser Gegend ein durch die östlichen Zuflüsse gegen die Platte gedrängter Randfluß. Stellenweise fällt die Platte in prallem Kliff gegen den Fluß ab, und an den charakteristischen Bildungen von Hohlkehlen im Gestein innerhalb der Brandungszone läßt sich die geomorphologische Wirkung dieser Wassermassen recht gut erkennen.

Die Stadt São Paulo hat seit 1881 eine schnelle Entwicklung durchgemacht und ist zu einer riesigen Großstadt emporgewachsen, die heute etwa mit Köln oder Hamburg verglichen werden kann. Ein Hauptvorzug ist ihre geographische Lage, welche ihr günstige Beziehungen einerseits zu dem Hafen Santos, andererseits nach dem Binnenlande sichert.

O. B.

Astronomische Mitteilungen.

Das Cepheidenproblem. Von den zahlreichen und verschiedenartigen veränderlichen Sternen ist bisher nur eine einzige Klasse, die Bedeckungsveränderlichen dem Wesen nach geklärt. Es sind dies nämlich gar keine wirklichen, sondern nur für den Anblick aus gewissen Richtungen, d. h. scheinbar veränderliche Sterne. Demgegenüber steht die große, mannigfaltige Zahl der physischen Veränderlichen, von denen bloß zwei Gruppen bezüglich der Erscheinungen, welche sie darbieten, näher erforscht sind, einerseits die sog. *langperiodischen* oder *Mira-Veränderlichen*, rote Sterne, deren Lichtperiode in der Gegend von einem Jahr liegt und die *Cepheiden*, deren Perioden zwischen dem Bruchteil eines Tages und etwa einem Monat schwanken. Über den physikalischen Zustand dieser Sterne und über das Zustandekommen ihres Lichtwechsels wissen wir wenig bestimmtes. Vielfach wird behauptet und manches spricht dafür, daß diese beiden Gruppen, die Mirae und die Cepheiden eine gewisse innere Verwandtschaft besitzen. Doch nur systematische Beobachtungen werden darüber Aufschluß geben können.

Vor kurzem ist über die Cepheiden eine zusammenfassende Arbeit von F. Henroteau erschienen (The Cepheid Problem. Publications of the Dominion Observatory, Ottawa (Canada) **9**, Nr. 1. 1925), sowie ein kurzer Aufsatz (Journ. of the Royal Astronomical Society of Canada 1925, S. 81), die hier besprochen werden sollen. Es sei zunächst einiges über die Haupteigenschaften der Cepheiden vorausgeschickt. Diese Sterne zeigen eine ständige Veränderung ihrer Helligkeit. Entweder ist die Lichtkurve ungefähr sinusartig oder der Anstieg zur größten Helligkeit erfolgt und zwar in der Mehrzahl der Fälle, erheblich rascher als der Helligkeitsabfall. Bei der größten Helligkeit ist der Stern heißer (weißer) als bei geringerer Helligkeit. Mit der Lichtänderung geht eine Schwankung der Radialgeschwindigkeit Hand in Hand, derart, daß die größte Annäherungsgeschwindigkeit in die Nähe des Helligkeitsmaximums fällt, die größte Entfernungsgeschwindigkeit aber in die Nähe des Helligkeitsminimums. Aus der Radialgeschwindigkeitsschwankung wurden Bahnelemente abgeleitet. Es kann heute aber als sicher gelten, daß diese Bahnelemente nur symbolischen Wert haben und daß die Radialgeschwindigkeitsschwankung nicht Bahnbewegung ist. Mögen diese Sterne Doppelsterne sein, wie manche noch behaupten, so treten bei ihnen Störungen physikalischer Art hinzu, welche die durch Bahnbewegung verursachte Schwankung der Radialgeschwindigkeit in entscheidender Weise ändern und die auch den Lichtwechsel hervorrufen, Andere Forscher haben sich von der Doppelsterntheorie vollkommen losgesagt und nehmen an, daß es sich um *einfache* Sterne handelt, die aus noch unbekannten Gründen Gestalt oder Volumen periodisch ändern. Um die Ausarbeitung dieser sog. *Pulsationstheorie* hat sich Eddington besonders verdient gemacht. Mit Eddington nehmen wir an, daß der Stern, unter ständiger Wahrung der Kugelgestalt sein Volumen periodisch ändere. Dann müssen aber auch Temperatur und Helligkeit mit der gleichen Periode schwanken und zwar müßte dem kleinsten Radius die höchste Temperatur und die größte Helligkeit entsprechen, dem größten Radius die niedrigste Temperatur und die geringste Helligkeit. Es müßten mit anderen Worten die Radialgeschwindigkeitskurve und die Lichtkurve eine Verschiebung von einem Viertel der Periode gegeneinander zeigen. Dies ist nun durchaus *nicht* der Fall. Die beiden Kurven sind durchweg *nahe* spiegelbildlich identisch. Allerdings liegt das Lichtmaximum meist etwas früher als das Radialgeschwindigkeitsminimum. Eddington zeigte theoretisch, daß sich die Helligkeitsextrema gegenüber den extremen Radien etwas verspäten müssen, aber nicht um ein Viertel der Periode. Immerhin kommen hier Beobachtung und Theorie einander etwas entgegen. Der Stand der Pulsationstheorie ist heute ebenfalls noch unbefriedigend zumal das ganz asymmetrische Verhalten der Mehrzahl der Sterne dieser Art theoretisch noch große Schwierigkeiten bereitet.

Die Arbeit von Henroteau ist insofern von großer Bedeutung, als sie den gesamten Komplex von Fragen behandelt, die mit dem Cepheidenphänomen zusammenhängen und ferner eine große Zahl von neuen, eigenen Beobachtungen mitteilt. Auf eine *Erklärung* des Cepheidenphänomens, die heute noch verfrüht wäre, läßt sich Henroteau nicht ein.

Zuerst werden die eigentlichen Cepheiden, d. h. die Sterne mit ausgesprochen periodischem Lichtwechsel und, soweit untersucht, mit Radialgeschwindigkeitsschwankungen von der gleichen Periode eingehend besprochen. Sie zerfallen zunächst statistisch in zwei Gruppen, diejenigen mit Perioden unter einem Tage, deren Lichtkurven sehr asymmetrisch sind und die meistens das Spektrum A-F besitzen und die wegen ihres häufigen Auftretens in Sternhaufen *Cumuliden* (oder Clusterveränderliche) genannt werden auf der einen Seite und die sog. *galaktischen Cepheiden*, (weil sie fast ausschließlich in niederen galaktischen Breiten vorkommen) mit Perioden von mehreren Tagen bis zu etwa einem Monat, deren Spektra etwas später, meist G-K sind auf der anderen Seite. Nach der Form der Lichtkurve kann man sie ebenfalls in zwei Gruppen teilen, die nahezu symmetrischen (ζ-Geminorum, Polaris) und die asymmetrischen (δ-Cephei, η-Aquilae, Cumuliden). Diese Scheidung in symmetrische und asymmetrische ist vielleicht wesentlich.

Außer diesen streng periodischen Cepheiden gibt es noch eine vermutlich sehr große Anzahl von Sternen, die von Henroteau als β-Canis majoris Typus bezeichnet werden und die eine gewisse Verwandtschaft mit

den Cepheiden zeigen. HENROTEAU hat in früheren und in dieser Arbeit den Typus schärfer umrissen. Es sind dies Sterne mit ziemlich geringen, sehr raschen und häufig nicht streng periodischen Radialgeschwindigkeits- und Helligkeitsschwankungen, die wenigstens in den untersuchten Fällen dieselbe Korrelation zueinander zeigen wie bei den Cepheiden. Die Lichtschwankung ist durchweg gering, meist nur einige Hundertel einer Größenklasse, im Maximum etwa 0,15 m. Besonders charakteristisch sind diese Sterne dadurch, daß die Amplituden der Radialgeschwindigkeits- und besonders der Lichtkurve großen Schwankungen unterworfen sind, so daß vor allem der Lichtwechsel zeitweilig völlig aussetzt.

Ähnlich wie bei diesen Sternen ist bei α-Orionis eine gewisse Verwandtschaft zum Cepheidentypus angedeutet, weswegen HENROTEAU geradezu von einem α-Orionistypus spricht.

Wie eng die Beziehung zwischen den Cepheiden und den β-Canis majoris-Sternen ist, wissen wir nicht. Die Erscheinungen deuten darauf hin, daß es verwandte Vorgänge sind, die die Fluktuationen hervorrufen und daß deren Ursache in den Sternen selbst liegt. Vielleicht sind sie in den Cepheiden nur deswegen so stark und regelmäßig ausgeprägt, weil sie, überall aus gleichen Ursachen hervorgehend, hier allein einen richtigen Resonanzboden finden, der nur in einem bestimmten Entwicklungsstadium der Sterne auftritt.

Im folgenden sind von HENROTEAU einzelne Sterne bearbeitet, vor allem sind zahlreiche eigene Radialgeschwindigkeitsbeobachtungen und eine Reihe selbstbeobachteter Lichtkurven und einiges andere mitgeteilt. Davon mag hier nur folgendes für das Problem besonders wichtig erscheinende mitgeteilt werden. Bei α-Ursae minoris, δ-Cephei, ζ-Geminorum und η-Aquilae ist der Grad der Ionisation aus dem Intensitätsverhältnis der beiden Absorptionslinien des Ti $\lambda = 4534{,}953$ und des Ti^+ $\lambda = 4534{,}139$ während der Periode verfolgt worden.

Bei ζ-Geminorum ist die Ionisation am größten, wenn nach der Pulsationstheorie aus der Radialgeschwindigkeitskurve der kleinste Radius, also die höchste Temperatur, zu erwarten wäre. Umgekehrt entspricht die geringste Ionisation dem größten Radius. Dasselbe ist bei α-Ursae minoris, wo sämtliche Variationen nur gering sind, angedeutet. Interessant ist, daß bei ζ-Geminorum eine zeitliche Verschiebung zwischen Lichtmaximum und Farbenindexmaximum angedeutet ist, ohne als gesichert gelten zu können, die ebenfalls im Sinne einer Pulsation läge. (FR. BECKER, Der veränderliche Stern ζ-Geminorum. Berlin: F. Dümler 1924).

Anders verhalten sich die asymmetrischen Sterne δ-Cephei und η-Aquilae. Hier fallen die Ionisationsmaxima mit den Radialgeschwindigkeitsminimis zusammen oder zeigen höchstens eine kleine Verfrühung, wie sie auch zwischen Lichtkurve und Radialgeschwindigkeitskurve vorhanden ist. Dagegen sind die Ionisationsminima breit und liegen entschieden *vor* den Radialgeschwindigkeitsmaximis. Das gleiche Verhalten wie die Ionisationskurve zeigen auch die Farbenindexkurven (P. GUTHNICK, Jubiläumsnummer der Astron. Nachr. 1921, Tafel 2).

Es scheint in der Tat bei den Cepheiden zwei Typen zu geben, die symmetrischen (ζ-Geminorum) und die viel häufigeren asymmetrischen, die sich etwa zueinander wie freie und erzwungene, stark gestörte Schwingungen verhalten. Hierauf hat auch HENROTEAU in seiner kleinen Arbeit hingewiesen.

Was die ebenfalls wichtige Verschiebung zwischen der Farbenindex- und Lichtkurve, oder mit anderen Worten Inkongruenz zwischen photographischer und visueller Lichtkurve betrifft, so ist sie in HENROTEAUS Arbeit ebenfalls in mehreren Fällen angedeutet, wenn er sie auch nicht beachtet hat. Trägt man nämlich, wo das Material vorhanden, die Farbenindexkurve als die Differenz photographische-visuelle Größe graphisch auf, so findet man bei mehreren Sternen, vor allem dem verhältnismäßig wenig asymmetrischen SZ-Cygni, daß das Farbenindexmaximum *erheblich* früher liegt, als das Lichtmaximum. Umgekehrtes tritt in *keinem* Falle ein. Diese Verschiebung ist allerdings nirgends genau genug beobachtet, um als völlig gesichert gelten zu können. Frühere Untersuchungen von SHAPLEY u. a. zeigten gerade bei Sternen mit sehr steilem Lichtanstieg, daß keine Verschiebung vorhanden sei, was dort als Fehlen einer Dispersion des Weltraums gedeutet wurde. Wenn daher gerade bei den wenig asymmetrischen Lichtkurven das Phänomen angedeutet ist, so soll diese Verschiebung von Licht- gegen Farbenindexkurve als in den physikalischen Vorgängen der Sterne selbst begründet angesehen werden. Gerade die Pulsationstheorie muß zu einer derartigen Verschiebung führen. Auch hier finden wir also einen prinzipiellen Unterschied zwischen den ziemlich symmetrisch veränderlichen ζ-Geminorum-Sternen die eine Verschiebung zeigen und den stark asymmetrischen, bei denen diese, wenigstens in dem scharf ausgeprägten Maximum nicht auftritt.

In bezug auf die Verschiebung von Farbenindex- gegen Lichtkurve, wie in bezug auf den Ionisationsgrad zeigen die ζ-Geminorumsterne eine Übereinstimmung mit dem, was die Annahme einer Pulsation, als im wesentlichen freie Schwingung aufgefaßt, erfordert, wogegen bei den asymmetrischen Fällen die Verhältnisse noch völlig ungeklärt sind.

Ziehen wir das Resultat aus den Arbeiten HENROTEAUS und überhaupt aus unseren gegenwärtigen Kenntnissen über diesen Gegenstand, so kann dies nur lauten, daß wir über die Ursache der Veränderungen an diesen Sternen und über ihre Natur nichts bestimmtes wissen. Manche Umstände sprechen zugunsten einer Pulsation. Was uns weiterbringen kann, ist nur eine Vertiefung des Beobachtungsmaterials. Nicht eine Häufung von Lichtkurven oder Radialgeschwindigkeitskurven, sondern nur das individuelle Studium, vor allem gleichzeitige Verfolgung von Helligkeit, Farbenindex, Radialgeschwindigkeit, Ionisation und Spektraltyp bei zunächst nur ganz wenigen typischen Sternen kann unsere Erkenntnisse in dieser Hinsicht fördern. BOTTLINGER.

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter Dr.-Ing. e. h. DR. ARNOLD BERLINER, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig.